

# СУДОСТРОЕНИЕ

Издается с 1898 г.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

ISSN 0039-4580

№ 4  
2000

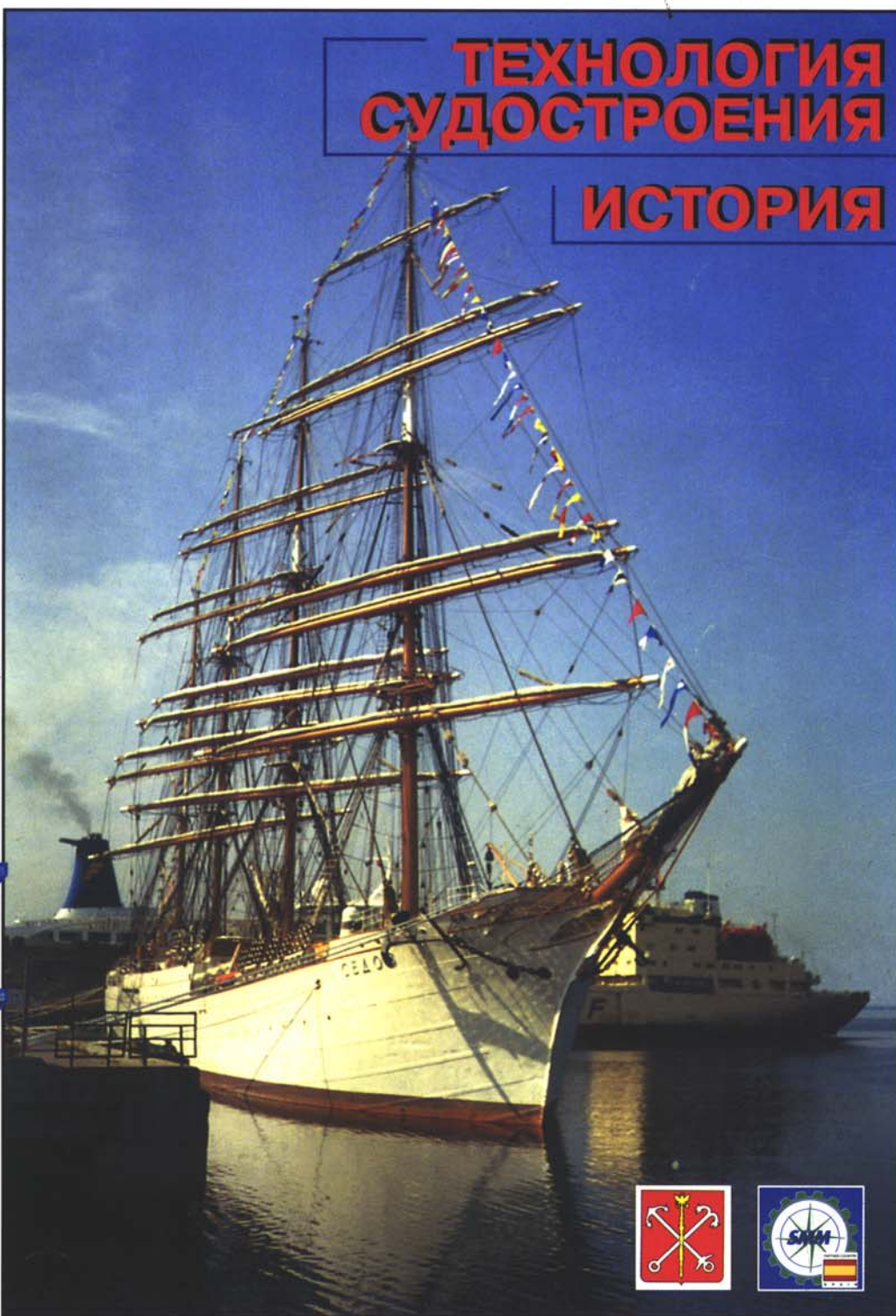
**ПРОЕКТИРОВАНИЕ СУДОВ**

**ВОЕННОЕ  
КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ**

**СУДОВОЕ  
ОБОРУДОВАНИЕ**

**ТЕХНОЛОГИЯ  
СУДОСТРОЕНИЯ**

**ИСТОРИЯ**



# НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

Учредители:

Российское агентство по судостроению («Россудостроение»),  
Научно-техническое общество судостроителей им. академика А. Н. Крылова

# СУДОСТРОЕНИЕ

# 4•2000

(731) июль—август

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,**  
генеральный директор «Адмиралтейских верфей»

**А. А. Андреев,**  
директор издательства «Судостроение»

**Ю. И. Бородин,**  
директор ЦНИИ «Курс»

**В. В. Войтецкий,**  
генеральный директор НПО «Аврора»

**И. В. Горынин,**  
директор ЦНИИ КМ «Прометей»

**В. А. Галка,**  
директор ЦНИИ СЭТ

**А. А. Завалишин,**  
зам. начальника — главный инженер ЦКБ МТ «Рубин»

**И. Г. Захаров,**  
начальник 1 ЦНИИ МО РФ

**В. М. Зиненко,**  
зам. директора ЦНИИ «Электронприбор»

**А. Г. Иванов,**  
директор ЦНИИ СП «Центр»

**С. Д. Климовский,**  
ученый секретарь ЦВММ

**В. П. Королев,**  
зам. генерального директора «Россудостроения»

**В. С. Лобанов,**  
зам. начальника Управления «Россудостроения»

**В. С. Никитин,**  
директор НИПТБ «Онега»

**Д. Г. Пашаев,**  
генеральный директор ПО «Севмашпредприятие»

**В. М. Пашин,**  
директор ЦНИИ им. академика А.Н. Крылова,  
президент НТО судостроителей им. академика А.Н. Крылова

**В.Н. Пялов,**  
начальник — генеральный конструктор СПМБМ «Малахит»

**В. Е. Спири,**  
зам. директора ЦНИИ им. академика А.Н. Крылова

**Ю. Ф. Тимофеев,**  
директор НИИЭ

**В. С. Чачко,**  
главный инженер ЦНИИ «Гидроприбор»

**В. В. Шаталов,**  
генеральный директор КБ «Вымпел»

**В. Е. Юхнин,**  
начальник — генеральный 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  
e-mail: sudostroenie@setcorp.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 ГНЦ ЦНИИТС

© Журнал «Судостроение», 2000

## НА ПРЕДПРИЯТИЯХ СУДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

3

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ СУДОВ

**Кольский С. М.** Новый танкер «SFAT-1»

9

**Старцев С. Б.** Перспективы комплексного решения проблем нестационарной гидродинамики судовых крыльевых конструкций на основе компьютерного прогнозирования

11

**Пикуль В. В.** Перспективы создания прочных корпусов глубоководной техники из стеклометаллокомпозиата

14

**Семенов Ю. Н., Мохов С. Г., Алешин И. В.** Контроль экологического состояния окружающей среды при проведении морских работ

16

## ВОЕННОЕ КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ

**Никифоров Б. В., Шишкин Д. Ю.** Принципы построения электроэнергетической системы перспективной ДЭПЛ

20

**Абдулов К. Я.** О некоторых системах искажения гидродинамического поля корабля

23

## СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

**Щеголев Л. И.** Радиационный риск и страхование судов с АЭУ

27

## ЭЛЕКТРО- И РАДИООБОРУДОВАНИЕ СУДОВ

**Кузнецов Б. П.** Программная синхронизация судовых электрогенераторов

33

## МОРСКОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

**Острцов Г. Э., Клячко Л. М., Довгоброд Г. М., Дюжев Э. В.** Испытания системы автоматического управления движением судна по заданной траектории

37

**Епифанов О. К.** Преобразование угловых перемещений крупногабаритных платформ в цифровой код

39

## ТЕХНОЛОГИЯ СУДОСТРОЕНИЯ И МАШИНОСТРОЕНИЯ

**Горбач В. Д., Михайлов В. С.** Поверхностное упрочнение сварных соединений с целью повышения коррозионно-усталостной долговечности судовых конструкций

45

**Розинов А. Я., Ярыгин О. В.** Акустический метод контроля герметичности при помощи программно-управляемых средств

48

## ОРГАНИЗАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ПРОИЗВОДСТВА

**Клопов А. Е.** Прогнозирование затрат предприятия-строителя на основе предположений заказчика судна

51

## ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОТДЕЛ

SMM' 2000 (54). «Инрыбпром-2000» (55). Представляем фирму ЦНИИТС (57). Новые суда Новороссийского морского пароходства (60). Давиду Гусейновичу Пашаеву 60 лет (61). 70 лет Юрию Михайловичу Коновалову (62). Новые проекты кораблестроителей Украины (64). SET webstudio (67). Зарубежная информация (70). **Тихомиров А. Н.** Российская экспозиция на выставке «Посейдония-2000» (19). «Технология из России 2000» (44).

## ИСТОРИЯ СУДОСТРОЕНИЯ

**Полов Ю. М.** Декоративно-художественное убранство и наименование кораблей

73

**Смирнов К. Д.** Ледокол «В. Молотов» в годы Великой Отечественной войны

76

**Афонин Н. Н.** К столетию спуска на воду крейсера «Аврора»

79

# SUDOSTROENIE

## SHIPBUILDING

# 4•2000

(731) July—August

## CONTENTS

Published since September 1898

<b>AT THE SHIPYARDS</b>	3
<b>SHIP DESIGN</b>	
Kolsky S. M. New tanker SFAT-1	9
Startsev S. B. Outlook for integrated problem solving of transient hydroaerodynamics of marine hydrofoil structures based on computer prediction	11
Pikul V. V. Prospects for deep submergence vehicles with glass-metal composite hulls	14
Semenov Yu. N., Mokhov S. G., Aleshin I. V. Environmental ecological monitoring in areas of sea operations	16
<b>NAVAL SHIPBUILDING</b>	
Nikiforov B. V., Shishkin D. Yu. Principles of arrangement of electric power system for an advanced diesel-electric submarine	20
Abdulov K. Ya. On some ship's hydrodynamic pressure distortion systems	23
<b>SHIPBOARD POWER PLANTS</b>	
Shchegolev L. I. Radiation risk and insurance of nuclear-powered ships	27
<b>MARINE ELECTRICAL AND RADIO EQUIPMENT</b>	
Kusnetsov B. P. Programmed synchronization of marine electric generators	33
<b>MARINE INSTRUMENTS</b>	
Ostretsov G. E., Klyachko L. M., Dovgobrod G. M., Dyuzhev E. V. Testing of automatic ship trajectory control system	37
Epifanov V. K. Conversion of angular movements of large-size platforms to digital code	39
<b>SHIPBUILDING AND MARINE ENGINEERING TECHNOLOGIES</b>	
Gorbach V. D., Mikhailov V. S. Surface hardening of welded joints for improving corrosion fatigue life of ship structures	45
Rosinov A. Ya., Yarygin O. V. Acoustic method for tightness control by means of programmable facilities	48
<b>INDUSTRIAL ENGINEERING AND ECONOMICS</b>	
Klopov A.E. Forecasting of builder's costs on the basis of owner proposals	51
<b>INFORMATION SECTION</b>	
SMM'2000 (54). «Inrybprom-2000» (55). Presentation of CRIST (57). New ships of Novorossiysk Shipping Company (60). David Gusseinovich Pashayev is 60 (61). Yury Mikhailovich Konovalov is 70 (62). New projects of Ukrainian shipbuilders (64). SET webstudio (67). News from abroad (70). Tikhomirov A. N. Russian at the «Posidonia-2000» (19). «Technology from Russia 2000» (44).	
<b>HISTORY OF SHIPBUILDING</b>	
Popov Yu. M. Artistic decoration and names of ships	73
Smirnov K. D. Icebreaker «V. Molotov» during the Great Patriotic War	76
Afonin N. N. To the centenary of the launching of cruiser «Avrora»	79

Подписка на журнал «Судостроение» (индекс 70890) в России и СНГ может быть оформлена в почтовых отделениях, а также непосредственно в редакции (см. стр. 36).

На 1-й стр. обложки — барк «Седов» на выставке «Инрыбпром-2000» в Санкт-Петербурге (фото А.Н. Хаустова)

Журнал выпущен при поддержке  
ГУП «Адмиралтейские верфи»,  
ФГУП ЦКБ МТ «Рубин»,  
ГНЦ ЦНИИИМ «Прометей»,  
ГНЦ ЦНИИ «Гидроприбор»,  
ГНЦ ЦНИИ «Электроприбор»  
ГУП «Северное ПКБ»  
ОАО «ЭлектроРадиоАвтоматика»,  
ЗАО ЦНИИ СМ

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. Силаева,  
Е. П. Смирнова,  
Н. Э. Смирнова

## Компьютерная верстка

Г. А. Князева,  
Л. П. Козлова

## Цветоделение

Д. Н. Демичев

## Перевод

Л. Н. Федосеев

## Графика

И. Б. Армеева

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

При перепечатке ссылка на журнал «Судостроение» обязательна

Подписано в печать 7.08.2000 г.  
Каталожная цена 50 руб.

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

<http://www.bestrussia.com/net/ritm/index.htm>

Лицензия ЛР № 040801

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

# НА ПРЕДПРИЯТИЯХ СУДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

## ОАО «СУДОСТРОИТЕЛЬНАЯ ФИРМА «АЛМАЗ»»

Два знаменательных события состоялись 25 мая в ОАО СФ «Алмаз» — спуск на воду с помощью плавдока сторожевого корабля типа «Светляк», построенного по заказу

Федеральной пограничной службы РФ, и закладка на стапеле в эллинге десантного корабля на воздушной подушке типа «Зубр» для ВМС Греции. Оба корабля спроектированы ЦМКБ «Алмаз».

Новый сторожевик пр. 10410 водоизмещением 375 т имеет размеры 49,5 x 9,2 x 4,63 м и осадку

2,5 м. Корабль обладает высокими скоростными и мореходными качествами: он может действовать при волнении 7—8 баллов и использовать оружие на скорости 22 уз при волнении до 5 баллов; максимальная скорость 32 уз. Корабль построен фирмой «Алмаз» в условиях ограниченного финансирования государственных оборонных программ с использованием собственных оборотных средств. В настоящее время судостроители «Алмаза» выполняют заказ на постройку в экспортном исполнении двух сторожевиков типа «Светляк» для Вьетнама.

В торжественной обстановке, в присутствии официальных лиц, произошла закладка нового КВП типа «Зубр». Это первый корабль, строящийся у нас для ВМС страны, входящей в НАТО. КВП не имеет аналогов в мире: «Зубр» способен принять на борт 500 морских пехотинцев или три танка по 50 т, развивать скорость до 60 уз, обеспечивать высадку десанта непосредственно на берег и двигаться по суше, преодолевая препятствия до 1,6 м высотой. Контракт на сумму около

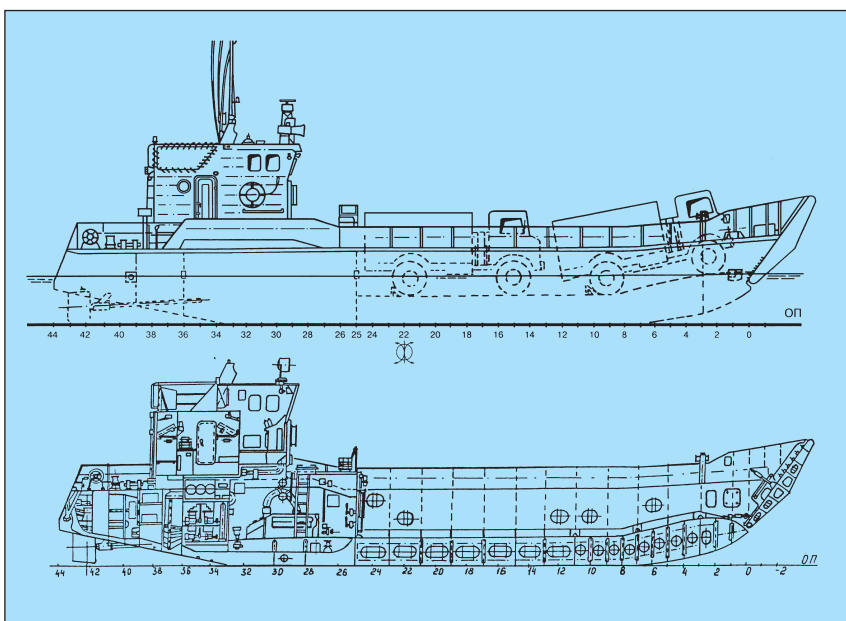
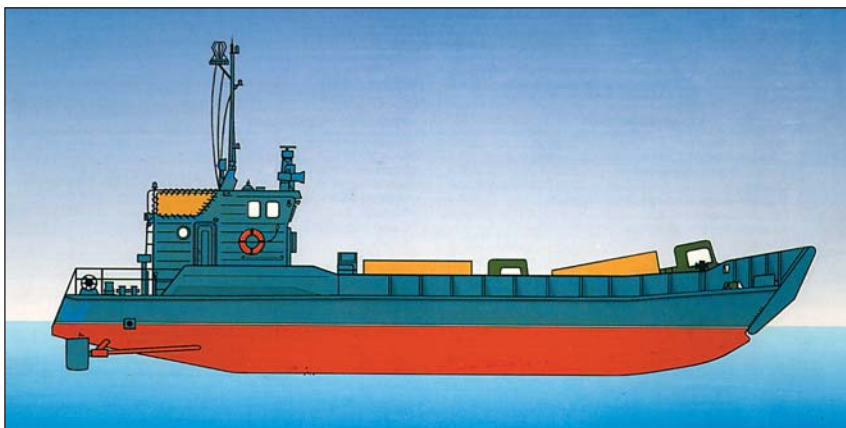


Новый сторожевой корабль типа «Светляк» для Федеральной пограничной службы РФ спущен на воду СФ «Алмаз»



Выступление генерального директора СФ «Алмаз» А. П. Королева по случаю спуска сторожевого корабля типа «Светляк» для Федеральной пограничной службы РФ и закладки десантного корабля на воздушной подушке типа «Зубр» для ВМС Греции

В подборке использованы информационные материалы, предоставленные редакции предприятиями и организациями, в том числе — участниками международной выставки «Инрыбпром-2000» в Санкт-Петербурге.



Самходный плашкоут — продукция ОАО «Судоверфь»

100 млн дол. предусматривает поставку в 2001 г. двух КВП — модернизированного из состава флота и новой постройки. Контракт включает в себя также опцион еще на два корабля этого проекта.

СФ «Алмаз» входит в объединенную компанию «Уральские машиностроительные заводы», в составе которой также Уралмаш, Ижорские заводы и ряд других предприятий.

приятие — ЦКБ «Корвет». На выставке «Инрыбпром-2000» был, в частности, представлен проект приемно-транспортного рефрижератора пр. 1350/1, предназначенного для приема рыбопродукции на промысле и транспортировки ее в порт. Судно имеет водоизмещение 1402 т, дедейт 705 т, размерения 60,98/56,98 x 9,3 x 5,1 м, осадку в грузу 4,34 м; главный двигатель — дизель

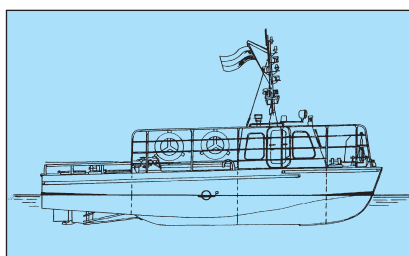
Caterpillar мощностью 865 кВт, скорость 11,3 уз. Вспомогательная энергетическая установка включает в себя три дизеля 6ЧН18/22 мощностью по 180 кВт. Продукция перевозится в трех трюмах (1100 м<sup>3</sup>) при температуре от -25 °С до -2 °С. В холодильной установке в качестве хладагента используется Хладон 22. Класс Регистра — КМ★Л2А1.

**АСТРАХАНСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

На кафедре судовых силовых установок АГТУ разработан инвестиционный проект развития малого и маломерного судостроения на юге России (автор — докт. техн. наук проф. А. В. Дорохов). Проект базируется на экспертных оценках специалистов ряда организаций и маркетинговых исследованиях результатов оптовых ярмарок и специализированных выставок. Анализ производственных возможностей судостроительных предприятий показал, что наиболее благоприятными условиями для этого обладает ряд заводов на юге России — в Астраханской и Ростовской областях, Дагестане, Краснодарском крае. Проектом предусматривается организация производства широкой номенклатуры малых и маломерных судов, ориентированных на удовлетворение спроса основных потребителей, живущих в районе Каспийского моря, Азово-Черноморского бассейна, Волжской речной системы. В проекте приводятся основные характеристики судов — преимущественно однопалубных, с коротким баком и повышенной седловатостью. Надежность и безопасность судов должна обеспечиваться системой сертификации.

**ЗАО «МОРСКОЕ  
СУДОСТРОЕНИЕ»**

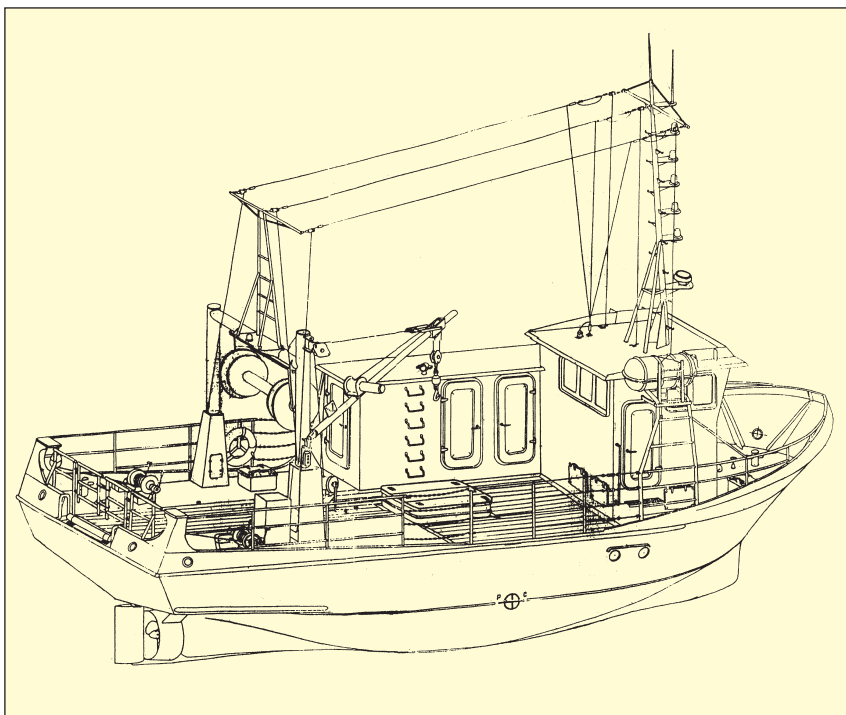
Созданное в 1995 г. на базе Хабаровского судостроительного завода ЗАО «Морское судостроение» (Москва) предлагает не только постройку судов различных типов, в том числе на лизинговой основе, но и их проектирование. Для этого в 1998 г. образовано дочернее пред-



Промысло-буксирный бот «Сартлан» пр. 6281 — новая продукция ОАО «Ахтарская судоверфь»

**ОАО «СУДОВЕРФЬ»**

Основными направлениями деятельности ОАО «Судоверфь» (бывшая Рыбинская судостроительная верфь, основанная в 1947 г. на южном побережье Рыбинского водохранилища) являются: постройка рыбопромысловых судов, десантных катеров для ВМФ и пограничников, прогулочных и служебно-разъездных катеров (последних построено



Промысловые боты БП-72 типа «Прибужье» строятся ОАО «Судостроительный завод «Авангард»»

наибольшее количество — около 2000), а также ремонт и модернизация малых судов и гидрографических катеров водоизмещением до 400 т. Для пограничников в настоящее время строятся самоходные стальные плашкоуты водоизмещением 114 т и грузоподъемностью 50 т, способные перевозить по рекам и вдоль морского побережья колесную и гусеничную технику. Основные элементы и характеристики плашкоута: размерения 24 x 5,2 x 2,4 м, осадка 1,52 м, размеры открытого грузового трюма 12,5 x 3,6 x 2,2 м, мощность двигателей 2 x 110 кВт, скорость 9 уз, автономность 1 сут, экипаж 2 чел. Для погрузки—выгрузки, в том числе на необорудованный берег, предусмотрена носовая аппарель. Высокая маневренность обеспечивается двумя гребными винтами в раздельноуправляемых насадках.

#### ОАО «АХТАРСКАЯ СУДОВЕРФЬ»

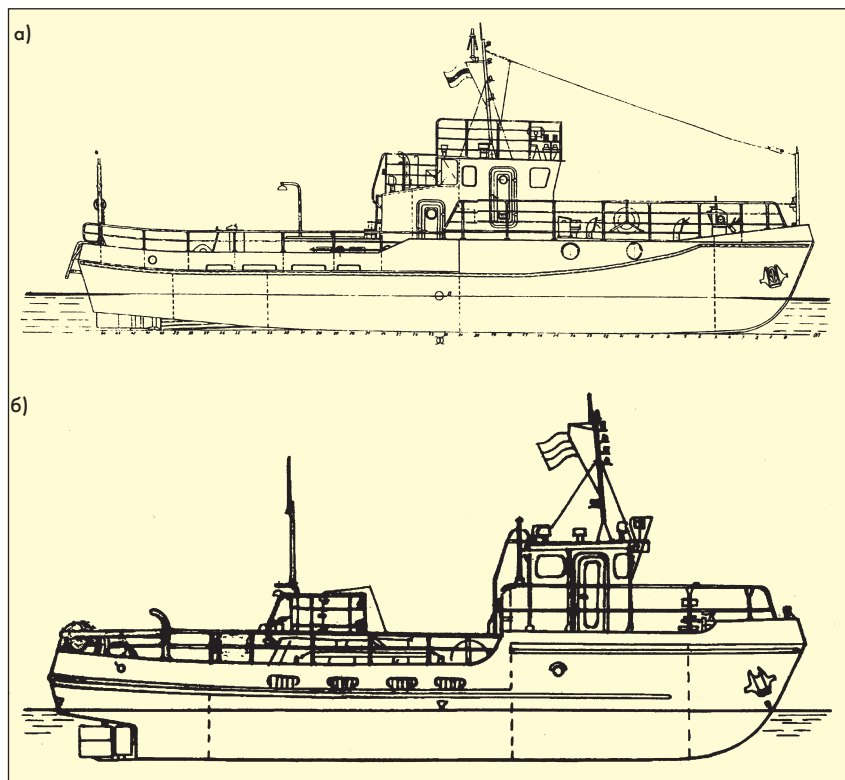
В производственную программу этого предприятия, расположенного в г. Приморско-Ахтарск (Краснодарский край), входит постройка малых рыбопромысловых судов, гребных лодок, насосов, различных метал-

локонструкций (живорыбные емкости, кормораздатчики). Строящийся головной промыслово-буксирный бот «Сартлан» пр. 6281 предназначен для близнецового тралового ло-

ва, буксировки небольших плавсредств, перевозки грузов массой до 300 кг. Судно имеет водоизмещение 7,33/9,01 т, размерения 9,15 x 2,48 x 1,4 м, осадку 0,67/0,77 м, мощность двигателя 100 кВт, скорость 20—22 км/ч, тягу на гаке 10—14 кН, автономность по запасам ГСМ — 1 сут, экипаж 2 чел., пассажироместимость 4 чел., класс Речного Регистра № Р. Для связи с берегом устанавливается радиостанция типа Р23В «Река-С», поиск рыбы осуществляется с помощью эхолота. Новый бот предназначен для замены снятых с производства судов типа БМК-90 и БМК-130.

#### ОАО «СУДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД «АВАНГАРД»»

Судостроительный завод «Авангард», расположенный на берегу Онежского озера в Петрозаводске, имеет более чем 60-летний опыт строительства судов различных типов длиной до 50 м и водоизмещением до 600 т. В его программу входят рыболовные траулеры, грузовые и пассажирские суда для внутренних водоемов, деревянные суда, в том



Проекты ФГУП «Сибрыбнипроект»: а — траловый бот пр. 20790Т/1; б — мотоневодник пр. 6278МН



Малый рыболовный траулер МРТ-К для прибрежного лова строится в Нижегородской области по проекту ООО «ПО «Лумм»»

числе спецназначения, стеклопластиковые катера, лодки и яхты. По заказам местных рыбаков здесь строятся промысловые боты БП-72 типа «Прибужье» проекта 70150. В зависимости от вида установленного промыслового оборудования, они могут использоваться для лова рыб тралом, снюрреводом, закидным неводом, для постановки и выборки сетей, а также буксировки промысловых лодок. Размерения бота 14,4 x 4,9 x 2,5 м, осадка 1,44 м, полное водоизмещение 51,1 т, грузоподъемностью 8 т, мощность главного двигателя (марки 6ЧСП12-14) 66 кВт, тяговое усилие при 56 кВт — 75 кН, скорость 8 уз, автономность по запасам 3 сут, число спальных мест — 6. Дизель-генератор ДГР1А-16/1500 имеет мощность 16 кВт. Класс Регистра — КМIII рыболовное.

**ООО «МОРТРАНС КРАФТ»**

Санкт-Петербургская компания «Мортранс Крафт» 5 июня 2000 г. успешно спустила на воду свою первую 4,5-тонную моторную яхту типа

«Навигатор-111». Яхта, имеющая длину 11,7 м, ширину 3,3 м и рассчитанная на 6 чел., полностью оборудована и готова к эксплуатации заказчиком. Экономичный двигатель фирмы Yanmar мощностью 103 кВт обеспечивает судну скорость 16 уз. При изготовлении корпуса применялась современная технология «Speed Strip» (дерево, армированное пластиком на стальных шпангоутах). Спроектированная по правилам Bureau Veritas и отвечающая требованиям Европейского Союза, моторная яхта предназначена для отдыха и путешествий по внутренним водным путям и в прибрежных районах. Удобная планировка, качественная отделка помещений, горячая и холодная вода, туалет, душ, обогреватель воздуха — все это способствовало тому, что в портфеле заказов компании появились заявки еще на несколько подобных моторных яхт.

**ФГУП «СИБРЫБНИИПРОЕКТ»**

Сибирский научно-исследовательский и проектно-конструктор-

ский институт рыбного хозяйства (Тюмень) является одной из крупнейших научных рыбохозяйственных организаций России. К основным направлениям деятельности его конструкторских подразделений относится разработка проектов рыболовных и других судов для внутренних водоемов. В число примерно 40 выполненных проектов входят добывающие, приемно-транспортные, обрабатывающие, вспомогательные и технические суда. Всего по проектам института на десяти предприятиях построено более 1100 малых судов. В настоящее время на Ахтарской судовой верфи строятся два типа головных судов — бот-сетеподъемник пр. 6278С и промыслово-буксирный бот «Сартлан» пр. 6281, а Тюменьсудокомплект строит несамоходное морозильное судно пр. 6282.

Основные элементы и характеристики некоторых других проектов: траловый бот пр. 20790Т/1 — полное водоизмещение 41 т, размеры 21,3 x 3,95 x 1,7 м, осадка 1,0—1,1 м, мощность двигателя 110 кВт, скорость 16,5 км/ч, тяговое усилие двух гидравлических траловых лебедок 2 x 6 кН;

мотоневодник пр. 6278МН — 22,81 т, 15,15 x 3,58 x 1,4 м, 0,99 м, 40,4 кВт, 16,2 км/ч, 6,3 кН.

Мотоневодник, предназначенный для лова рыбы закидными неводами, доставки улова на рыбоприемные пункты, а также буксировки плавсредств, призван заменить широко распространенные суда пр. 102А и 102Б.

**ООО «ПО «ЛУММ»»**

Эта нижегородская фирма представила на международной выставке «Инрыбпром-2000» собственный проект нового универсального судна из серии малых рыболовных траулеров (МРТ-К). Судно имеет размеры 15/13 x 4,6 x 2,6 м, осадку 1,68 м, объем трюма 13 м<sup>3</sup>, мощность двигателя 110 кВт, скорость 8 уз, тягу на гаке 1,4 кН (при 4 уз), экипаж 4 чел. Траулер с мореходностью 4 балла спроектирован на класс Регистра КМIIIСП для прибрежного лова при удалении от береговой линии до 20 миль; автономность по топливу 5 сут. В качестве промыслового и технологи-

ческого оборудования предусмотрены гидравлические траловая лебедка (1,5 кН) и кран-манипулятор (0,5 т/4,6 м), кормовой портал, Г-образный портал в средней части, охлаждающий трюм. Проект разработан с учетом многовариантного использования, различных методов постройки и форм продажи (наиболее эффективная сейчас — лизинг). В ходе проектирования для данных размерений сформирована максимально возможная промысловая палуба, решена проблема удифферентовки судна при загрузке улова и расходе топлива, оптимизированы жилой блок и грузовой трюм. Головное судно планировалось спустить на воду летом этого года.

#### ЗАО «СРП «ЯНТАРЬ»»

Судоремонтное предприятие «Янтарь» создано на базе Прибалтийского судостроительного завода «Янтарь» для выполнения комплексных судоремонтных работ. Этим видом деятельности здесь занимались давно — с 1958 по 1996 г. калининградские корабли отремонтировали более 600 судов. Среди них — НИС «Витязь», барк «Крузенштерн», траулеры, рефрижераторы, танкеры, военные корабли. В последние годы появились заказы от зарубежных компаний. Выполнены удлинение и модернизация нескольких норвежских судов, а балкер «Теге» переоборудован в контейнеровоз с установкой двух палубных кранов. СРП «Янтарь» сейчас выполняет ремонт главных и вспомогательных двигателей, электро-, радио-, навигационного и другого оборудования. Корпусные конструкции проходят очистку до степени SA2,5 и окраску эффективными эпоксидными и необрастающими красками. Осуществляется также ремонт валопроводов, гребных винтов, арматуры, трубопроводов и систем гидравлики. В распоряжении судоремонтников три плавдока грузоподъемностью 12 000 т (150 x 29 м), 6000 т (131 x 22,5 м) и 800 т (70 x 16 м), а также горизонтальные стапельные места (два по 306 x 24 м и три по 164 x 16 м), причал длиной 1,5 км с кранами грузоподъемностью 20 т.



Спуск в Санкт-Петербургском яхт-клубе первой моторной яхты, построенной ООО «Мортранс Крафт»

#### ФГУП «СУДОРЕМОНТНЫЙ ЗАВОД «НЕРПА»»

Начав свою производственную деятельность в 1970 г., СРЗ «Нерпа» вплоть до начала 90-х годов занимался в основном ремонтом и модернизацией атомных подводных лодок и надводных кораблей — именно для этих целей спроектированы цехи, плавдоки, эллинг СРЗ. Сейчас осваиваются новые направления деятельности.

Одним из наиболее перспективных является судостроение. Производственные возможности позволяют строить суда со спусковой массой до 10 000 т и длиной более 100 м. Уже есть опыт постройки плавпричалов, рыболовных судов, плавучих контрольно-дозиметрических пунк-

тов. В последнее десятилетие получил развитие судоремонт гражданских судов — НИС, СРТ, БМРТ, буксиров, плавкранов и др. Для этого используются два плавдока, позволяющие осуществлять докование судов водоизмещением до 13,5 тыс. т. Важными заказами для СРЗ стали работы, связанные с утилизацией кораблей. С 1994 г. СРЗ «Нерпа» определена как основное предприятие на Кольском полуострове по утилизации атомных подводных лодок. Для этой цели используется специальное американское технологическое оборудование, например, гильотинные ножницы производительностью 73 т/ч. После ввода всего утилизационного комплекса СРЗ сможет разрезать до шести подводных лодок в год. Успешно утилизируются и списанные гражданские суда. Развивается сот-





Контейнеровоз «Теге» после переоборудования у причала СРП «Янтарь»

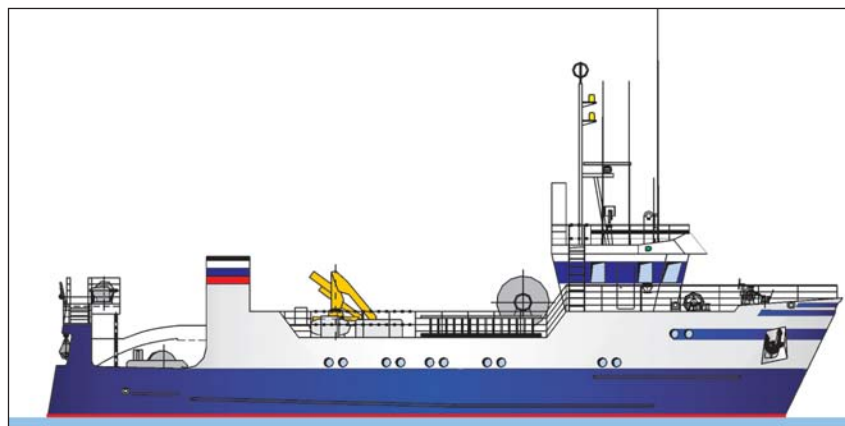
рудничество с РАО «Газпром» в области технического обслуживания и ремонта судов нефтегазопромыслового флота, создания на свободных площадях СРЗ производственного комплекса по обетонированию труб для газопроводов.

#### ГНЦ ЦНИИТС

ЦНИИТС, ООО «Седерваль и Ритм», ЗАО «Балтийский лизинг» разработали инвестиционный проект под названием «Российский траулер». Он предусматривает постройку в ближайшие пять лет на верфях северо-запада России первой серии (не менее 10 ед.) новых морозильных траулеров (малых и средних). Заказчики — отечественные компании — оплачивают не менее 15% стоимости; суда передаются им на условиях финансового лизинга.

На выставке «Инрыбпром-2000» ЦНИИТС, в частности, представил спроектированные КБ «Восток» перспективные рыбопромысловые суда. Среди них — малый краболов-морозильщик на базе пр. 21060, предназначенный для лова крабов донными ловушками, варки, заморозки и доставки продукции в порт. В составе промыслового устройства — подъемник на 3 т, палубный кран (11,8 т·м), 90 ловушек диаметром 1,8 м. Обрабатывающее оборудование включает в себя бун-

кер для приема крабов емкостью около 2 м<sup>3</sup>, устройство для разделки, измельчитель, электроварочный котел, баки предварительного охлаждения, замораживания в рассоле и глазури, подвесной монорельсовый подъемник (0,5 т) и устройство для упаковки крабов в ящики.



Малый краболов-морозильщик на базе пр. 21060 (ЦНИИТС/КБ «Восток»)

Основные элементы и характеристики: длина наибольшая 30,3 м, между перпендикулярами — 26,5 м, ширина 9 м, осадка по грузовую марку 3,25 м, объем рефрижераторного трюма 160 м<sup>3</sup>, емкость топливных цистерн 74 м<sup>3</sup>, автономность 20 сут, экипаж 9 чел. Дизель-редукторный агрегат мощностью 895 кВт обеспечивает скорость 9 уз, предусмотрены подруливающее ус-

тройство (50 кВт), валогенератор (200 кВт), два дизель-генератора по 160 кВт, опреснительная установка (4 т/сут). Класс Регистра — КМ ⚙️ ЛУ2А3 рыболовное с неограниченным районом плавания.

#### ЗАВОД АТИ

Санкт-Петербургский завод торозных уплотнительных и теплоизоляционных изделий — Завод АТИ — крупнейший производитель асбокартона, паронита, сальниковых набивок и других уплотнительных и теплоизоляционных изделий. Сегодня он — единственное в России предприятие, выпускающее сальниковую набивку марки ППФ, которая применяется в дейдвудных уплотнительных устройствах, работающих в морской воде при давлении до 0,15 МПа и температуре не выше 80 °С со скоростью скольжения до 10 м/с. Рабочей средой для данного вида набивки является морская вода. Набивка марки ППФ представляет собой эластичный шнур квадратного сечения с сердечником из лубяных волокон, пропитанным жировым антифрикционным составом и оплетенным скрученной фто-

ропластовой лентой. Эту продукцию отличают высокое качество и приемлемые цены. Завод начал поставку своей продукции в другие регионы России. Предприятия судостроительного комплекса, испытывающие потребность в сальниковой набивке ППФ, смогут приобретать ее упакованной в небольшие бухты по 20—30 кг.

А. Н. Хаустов

## НОВЫЙ ТАНКЕР «SFAT-1»

С. М. Кольский (ОАО «Завод "Красное Сормово"»)

УДК 629.553

В июле 1999 г. ОАО «Завод "Красное Сормово"» к 150-летию завода был сдан заказчику головной танкер ограниченного района плавания I для нефтепродуктов «SFAT-1». Судно спроектировано на класс КМ ЛЗ I A1 нефтеналивное (ОРП) Российского Морского Регистра Судоходства техническим центром завода «Красное Сормово» по техническому заданию заказчика ЗАО «СФАТ».

В настоящее время в постройке находятся еще четыре танкера для этого же заказчика. Второе судно серии завершило ходовые испытания, а третье спущено на воду 13 мая 2000 г.

В процессе обсуждения и согласования технического задания с заказчиком проект судна претерпел значительные изменения: из чисто речного танкера судно превратилось в морское, которое может эксплуатироваться в речных бассейнах. Главные размерения судна определились с учетом обеспечения максимальной грузоподъемности в реке при ограничениях, накладываемых необходимостью прохода через Волго-Донской и Волго-Балтийский каналы, под мостами.

## Основные элементы и характеристики

Длина, м:	
наибольшая	141,0
расчетная	134,85
Ширина, м:	
наибольшая	16,9
расчетная	16,6
Высота борта, м	7,4
Осадка в море/реке, м	5,1/3,6
Грузоподъемность в море (по мазуту)/реке, т	7600/4300
Дедвейт в море (запасы 100%)/реке (50%), т	7970/4440
Водоизмещение в море/реке, т	10 770/7240
Мощность главных двигателей, кВт	2х1320
Скорость, уз	10
Дальность плавания, миль	4000

Технический проект № 19612 танкера получил одобрение специалистов ЦНИИМФ.

Судно имеет характерный для танкеров внешний вид: относительно короткая носовая оконечность с баком, где расположены служебные и вспомогательные помещения и носовое подруливающее устройство мощностью 300 кВт; цилиндрическая вставка корпуса составляет 71% длины судна — здесь расположены шесть грузовых танков и два танка промывочной воды. В диаметральной плоскости танки имеют проникаемые отбойные переборки.

В соответствии с требованием МАРПОЛ-73/78 танки отделены от наружной обшивки корпуса бортовыми цистернами изолированного балласта шириной 1670 мм и сухими междудонными отсеками высотой 1100 мм.

В кормовой оконечности судна располагаются машинное отделение и жилая надстройка с ютом. Трехъярусная кормовая надстройка со служебными и жилыми помещениями для экипажа численностью 12 чел. спроектирована с учетом обеспечения ограниченного надводного габарита судна — 13,2 м.

Переход с палубы юта на бак осуществляется по переходному мостику, находящемуся в диаметральной плоскости танкера. Предусмотрен гидравлический кран грузоподъемностью 3 т с вылетом стрелы 13 м для работы с грузовыми шлангами в районе манифольдов. Начиная с третьего судна, грузовой кран смещен на левый борт и его грузоподъемность уменьшена до 2,5 т.

Форма корпуса судна принята из условий обеспечения наибольшей грузоподъемности танков и технологичности корпусных конструкций при двухвальной энергетической установке, которую выбрали по настоянию заказчика.

В опытовом бассейне ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова были проведены модельные испытания корпуса судна и определена буксировочная мощность, необходимая для достижения заданной скорости.

Исходя из результатов испытаний, проектантом выбраны для главной энергетической установки два финских дизеля типа 8L20 со спецификационной максимальной длительной мощностью 1320 кВт каждый. Главные двигатели работают на тяжелых сортах топлива с вязкостью до 380 сСт. Через реверс-редуктор крутящий момент двигателей передается на два четырехлопастных бронзовых винта фиксированного шага. Размеры и форма винтов определены ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова. Ходовые испытания головной и второй танкеров подтвердили правильность выбора всех параметров движительного комплекса.

Электроэнергетическая установка танкера состоит из двух дизель-генераторов мощностью 350 кВт, одного дизель-генератора мощностью 150 кВт и аварийного мощностью 100 кВт. Поставка всего комплекта осуществлена шведской фирмой. Приводные двигатели генераторов работают на дизельном топливе.



Танкер «SFAT-1»

Для обеспечения подогрева груза и высоковязкого топлива в машинном отделении установлены два огне-трубных котла производительностью по 2 т/ч. Котлы работают на тяжелом топливе вязкостью до 380 сСт при 50 °С. Кроме того, имеются два утилизационных котла производительностью по пару до 0,25 т/ч при давлении 0,7 МПа.

При строительстве танкеров большое внимание уделяется подготовке поверхностей грузовых танков под окраску по схеме «Интергард 500». С целью облегчения очистки поверхностей танков корпусные конструкции были спроектированы с минимальным количеством жесткостей, обращенных внутрь танков. Палуба выполнена набором наружу, продольные и поперечные переборки — гофрированные, что позволило сократить площади окрашиваемых поверхностей и уменьшить время очистки танков как для окраски, так и при мойке в процессе эксплуатации. Очистка под окраску проводится купершлаком, окраска — специализированным предприятием с использованием современного окрасочного оборудования. Фирма — поставщик красок — гарантирует пятилетний срок их службы.

Грузовая система танкера может обеспечивать одновременную работу с шестью видами нефтепродуктов плотностью от 0,72 до 0,99 т/м<sup>3</sup> без ограничения по температуре вспышки.

Шесть стационарных погружных насосов с взрывозащищенными электроприводами голландской фирмы обеспечивают интенсивность выгрузки до 750 м<sup>3</sup>/ч, а погрузки —

до 2800 м<sup>3</sup>/ч. Предусмотрена плавная регулировка работы грузовых насосов с расположенного в рулевой рубке пульта управления грузовыми операциями через частотные конверторы. Прием и выдача грузов может осуществляться по шести грузовым линиям через индивидуальные манифольды или (в случае одного вида груза) через центральный манифольд из всех танков. Начиная со второго судна, устанавливается также кормовой манифольд.

Для каждого танка предусмотрена газоотводная система, оборудованная высокоскоростными автоматическими газовыпускными клапанами со скоростью выброса более 30 м<sup>3</sup>/с.

На судне принята циркуляционная система подогрева грузов с помощью палубных подогревателей. Циркуляция обеспечивается грузовыми насосами.

Система мойки грузовых танков выполнена по замкнутому циклу с очисткой промывочной жидкости путем двухступенчатого проточного отстоя в танках промывочной воды. Для работы системы установлен центробежный погружной насос подачей 100 м<sup>3</sup>/ч и 24 моечные машинки (по четыре в каждом танке) с комплектом из четырех переносных программно-приводных устройств к ним. Производительность моечной машинки приблизительно 15 м<sup>3</sup>/ч при напоре 90 м вод. ст. Система обеспечивает последовательную мойку каждого грузового танка. Для подогрева моющих жидкостей, а также для ускорения и улучшения отстоя нефтепродуктов отстойные танки оборудованы змеевиковыми подогревателями из

нержавеющих стальных труб. Кроме того, имеется отдельный палубный подогреватель. Слив отработавших моющих жидкостей предусмотрено производить в береговые очистные сооружения через специальный манифольд, расположенный в районе основных грузовых манифольдов, либо за борт, но через систему автоматического замера, регистрации и управления сбросом категории «А» в соответствии с требованиями конвенции МАРПОЛ-73/78.

Сбор газов, испаряющихся из грузовых танков, и передача их на берег осуществляются через специальные объединяющий газоотводы трубопровод и манифольд. Предусмотрен контроль паров газов по давлению с сигнализацией по минимуму и максимуму на пульт управления грузовыми операциями (ПУГО).

Управление и автоматизация судна выполнены на класс А1 Правил Российского Морского Регистра Судоходства. Управление танкером, главной энергетической установкой, рулевым и подруливающим устройствами, пожарными насосами и клапанами, радиолокационными станциями, судовыми механизмами и др. осуществляется с объединенного пульта управления из рулевой рубки. Отдельно от пульта управления в рубке установлен ПУГО, с помощью которого контролируют уровни груза и температуру в танках, давление в трубопроводах грузовой и балластной систем, давление газоздушных смесей, а также производят автоматический замер, регистрацию и управление сбросом промывочных вод, расчет параметров остойчивости, осадки и грузового плана танкера.

Штурманские приборы скомпонированы в специальный пост, отгороженный от основной рубки полувыгородкой. Дублирующие пульта управления установлены на крыльях ходового мостика. Автоматизированная система допускает управление судном из рулевой рубки без несения постоянной вахты в машинном отделении.

Для управления основными техническими средствами на танкере имеется централизованная комплексная система управления, обеспечивающая реализацию алгоритмов управления на базе микропроцессорного комплекса. С помощью дисплея и функциональной клавиатуры

туры цветной видеокадр с мнемосхемой системы, подлежащей управлению или контролю, вызывается на экран дисплея. Управление ведется с использованием мнемознаков и текстовых символов. Дисплеи установлены в рулевой рубке и в машинном отделении.

Управление и защита главных двигателей осуществляются электрической системой дистанционного автоматизированного управления, поставляемой вместе с двигателями.

Для предотвращения загрязнения окружающей среды на танкере предусмотрены: система сбора и очистки водонефтяных смесей с сепаратором СКИТС-1,0 и сборной цистерной объемом 23,8 м<sup>3</sup>; система сбора и очистки сточно-фекальных вод с аппаратом «Mini-L-Frame» и сборной цистерной (15,2 м<sup>3</sup>); станция сжигания мусора и твердых отходов OG-120; автономная система заполнения-осушения цистерн изолированного балласта с отдельным сбросом, система автоматического замера, регистрации и управления сбросом.

Все оборудование и системы соответствуют Правилам Российского Морского Регистра Судоходства, конвенции МАРПОЛ-73/78 и национальным санитарным правилам.

Участки палубы в районе манифольдов имеют ограждения для

возможности сбора и откачки нефтепродуктов ручным насосом в отстойный танк по специальному трубопроводу. Вся палуба в районе грузовой зоны огорожена комингсом, предотвращающим разлив нефтепродуктов.

На танкере выполнены все мероприятия в соответствии с Правилами по защите от статического электричества, а также грозозащите.

Судовые устройства, примененные на танкере, — стандартного типа. Два станковых якоря Холла массой 3 т поднимаются и отдаются с помощью брашпиля. Стоп-анкер массой 1,5 т приводится в действие шпилем. Швартовка обеспечивается автоматическими швартовными лебедками.

Спасательные устройства танкера включают в себя закрытую моторную шлюпку свободного падения на 16 чел., дежурную шлюпку на 6 чел. и три надувных плоты: один — на 6 чел., два — на 16 чел.

Рулевое устройство состоит из двух установленных за гребными винтами балансирных подвесных перьев рулей, приводящихся в движение двумя электрогидравлическими рулевыми машинами. Синхронное управление рулями обеспечивается авторулевым, поставляемым вместе с машинами норвежской фирмой.

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

Гирокомпас с репитерами, главный магнитный компас, относительный лаг, эхолот, приемоиндикатор GPS, основной и дополнительный (для рек) радиолокаторы, а также электронно-картографическая система ECS обеспечивают судоводителя и системы-потребители навигационной информацией.

Испытания и 9-месячный опыт эксплуатации головного судна показали высокую надежность установленного современного оборудования, его экологическую и эксплуатационную безопасность, высокие экономические характеристики.

Полученные от заказчика замечания внедряются на последующих танкерах этого проекта. Уже со второго судна серии внедрена большая часть эксплуатационных предложений экипажа. Технический центр ОАО «Завод «Красное Сормово»» ведет работу по совершенствованию и других строящихся на заводе теплоходов.

## ПЕРСПЕКТИВЫ КОМПЛЕКСНОГО РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ НЕСТАЦИОНАРНОЙ ГИДРОАЭРОДИНАМИКИ СУДОВЫХ КРЫЛЬЕВЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

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

УДК 629.5.025.1.015.2

В судостроении проблемы прогнозирования нестационарных гидродинамических характеристик (ГДХ) крыльевых конструкций возникают при проектировании стабилизаторов, рулей, лопастей гребных винтов и других крыловидных выступающих элементов судна, работающих, как правило, в условиях полного или частичного погружения в пограничный слой корпуса, при этом переменные нагрузки на них со стороны потока неизбежны. Пульсирующие силы и моменты, возникающие при взаимодействии крыльевых конструкций

с потоком, представляют интерес как с точки зрения прочности (переменные нагрузки при колебаниях и вибрации), так и шумоизлучения. При проектировании и создании крыльевых конструкций определяющими являются наиболее неблагоприятные режимы работы — импульсные, вибрационные и долговременные периодические нагрузки. Многие из них, например, срыв потока, баффтинг, флаттер, связаны с неоднородностью и турбулентностью набегающих потоков. Значения сил и моментов при таких режимах могут в

несколько раз превышать стационарные нагрузки, влиять на ухудшение условий эксплуатации и являться причиной их моментно-силового или усталостного разрушения.

Перечисленные проблемы определили развитие внешней задачи нестационарной теории движений свободных потоков и течений вблизи различных препятствий, а также теорию определения пульсационных ГДХ объектов.

Проектирование выступающих крыльевых элементов судна основано на результатах экспериментальных модельных испытаний и предварительных теоретических расчетов. Существующие методики и программы являются приближенными, поэтому погрешность расчетов неизбежна вследствие целого ряда предположений и допущений, позволяющих преодолеть сложность «прямого» решения. В гидродинамике крыла особой схематизированностью отличаются математические модели расчета нестационарных ГДХ, что является причиной недос-



Рис. 1. Испытания модели крыла в аэродинамической трубе

товерности получаемых результатов.

В судостроении при определении переменных нагрузок, действующих на крыльевые конструкции, находящиеся в переменном поле скоростей, принимается допущение, что обтекаемые крылья являются абсолютно жесткими. Однако в реальных условиях крылья подвержены колебаниям и вибрации, что может приводить к дополнительным нагрузкам, которые не учитываются в существующих методиках расчета.

Попытки создать унифицированную математическую модель расчета нестационарных ГДХ объектов базируются на различных методах. Рассматривалась, например, модель нестационарного обтекания крыла на основе решения системы уравнений, описывающих произвольное трехмерное движение вязкой жидкости. Однако главным направлением развития нестационарной гидроаэродинамики крыла стала вихревая теория. В прикладном использовании она находит наибольшее применение.

Сложная геометрия наружных обводов современных кораблей и судов, лопастей движителей, рулевых комплексов определяет рациональное использование вихревой модели для расчета их ГДХ. Описание формы крыла при разбиении ее на большое количество трапециевидных участков с расположением на них косых вихрей позволяет моделировать течение жидкости в областях с очень изогнутой, нетрадиционной конфигурацией внешних обводов модели.

Из всех вихревых схем крыльев наибольшую известность и приме-

нение получила модель, разработанная В. М. Фолкнером [1] и успешно развитая С. М. Белоцерковским [2]. На ее основе рассчитано большое количество профилированных крыльев различной формы в плане, созданы атласы ГДХ крыльев [3].

Повышенный интерес специалистов к этой модели определяется рядом ее достоинств:

- панельное представление несущей поверхности позволяет описать любую произвольную форму крыла в плане и телесную конфигурацию профиля;

- модель пригодна для расчетов ГДХ крыльев при стационарных и нестационарных взаимодействиях с окружающей средой;

- нестационарность режима обтекания может быть представлена как турбулентностью, неоднородностью потока вблизи крыла, так и колебаниями, вибрацией самого крыла;

- форма представления временной нестационарности и пространственной неоднородности вертикальной скорости не имеет ограничений и может быть произвольной, что позволяет переносить условия эксперимента в расчетную модель;

- функция описания перемещений элементов крыла может представляться поступательными, вращательными, изгибными колебаниями или любыми вариациями от совокупности их наложения.

Перечисленные достоинства определяют причину широкого использования дискретного вихревого метода в прикладных задачах. Рациональное построение любой нестационарной вихревой модели

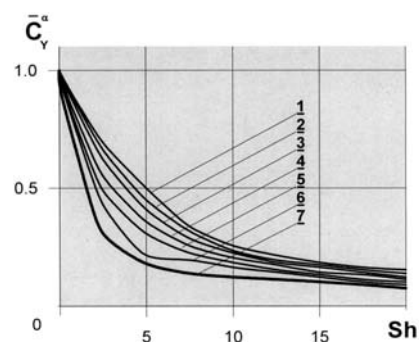


Рис. 2. Функция относительной производной подъемной силы крыла ( $C_Y^\alpha = C_Y^\alpha / C_{Y0}^\alpha$ , где  $C_{Y0}^\alpha$  — при  $Sh = 0$ ) прямоугольной формы в плане от числа Струхаля ( $Sh$ ) при различных удлинениях):  
 1 —  $\lambda_{кр} = 0,5$ ; 2 —  $\lambda_{кр} = 1$ ; 3 —  $\lambda_{кр} = 3$ ;  
 4 —  $\lambda_{кр} = 5$ ; 5 —  $\lambda_{кр} = 10$ ; 6 —  $\lambda_{кр} = 100$ ; 7 — функция Сирса [4]

«поток—крыло» может служить механизмом для ее решения. Поэтому эта вихревая схема взята за основу решения задач, поставленных в настоящей работе.

Однако практическое использование этой модели в широких диапазонах чисел Рейнольдса и Струхаля не обеспечивает требуемую точность расчетов при создании реальных судовых конструкций, так как в их основе заложены базы данных, полученные без применения эффективных вычислительных средств.

До конца не исследованным остается вопрос о частотных и амплитудных пределах при нестационарных перемещениях крыла, характеристиках неоднородности и турбулентности набегающего потока, при которых правомерно допущение о плавности обтекания острой задней кромки крыла. Очевидно, когда плавность обтекания нарушается, изменения характера обтекания должны отражаться и на вихревой схеме модели.

Если режимы обтекания элементов имеют сложный характер, нестационарность взаимодействия крыла с потоком определяется одновременно и характеристиками потока и перемещениями несущей поверхности, то общепринятые вихревые модели могут давать неверные результаты. Исследованию должны быть подвержены частотные и амплитудные параметры вибрации и колебаний крыльев для определения границ, когда качественные изменения процесса формирования вихревого следа необходимо учитывать в структуре вихревой модели.



Рис. 3. Экспериментальные исследования в аэродинамической трубе влияния вибрации крыла на его аэродинамические характеристики

До сих пор не выясненными остаются некоторые вопросы о влиянии удлинения крыловидного профиля на его амплитудно-частотные ГДХ при нестационарных режимах колебаний. Функция Теодорсена, используемая во многих методиках, относится к крыльям с бесконечным размахом [2].

В лаборатории аэродинамики судов ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова в последние годы проводились экспериментальные и теоретические исследования нестационарных характеристик крыльев при взаимодействии с гармоническим порывом (рис. 1).

Для крыльев конечного удлинения откорректирован и получен обобщенный вид функции Сирса. Результаты исследований показали, что данный геометрический параметр крыла (удлинение) существенно влияет на ГДХ крыльев, и расхождения данных для крыльев конечного удлинения с классической функцией Сирса [4] в определенном диапазоне чисел Струхаля достигают более 100% (рис. 2).

Использование данной функции для расчета ГДХ конечных крыльевых элементов может существенно занижать получаемые результаты. Погрешность рассчитываемых силовых характеристик в сторону их занижения является наиболее опасной, так как уменьшает запас прочности крыла, являющийся ориентиром для конструктора. Подобные исследования проводились и для корректировки функции Теодорсена, широко используемой в методиках расчета ГДХ крыльев при колебаниях и вибрации (рис. 3, 4). Материалы перечисленных исследований представлены в работах [5–7].

При разработке вихревых моделей судовых крыльевых конструкций с использованием вычислительной техники необходимо свести до минимума основные источники погрешности: дискретность модели (количественное разбиение несущей плоскости на панели по размаху и по хорде должно быть достаточно большим); схематичность описания вихревой пелены (угол скоса, геометрия вихревых жгутов, сворачивание концевых вихрей и др.); диффузию вихревого следа; влияние удлинения крыла при различных видах вибрации и колебаний несущей поверхности; линейность уравнений модели; описание функции временного изменения относительной вертикальной скорости перемещения контрольных точек модели и близлежащих частиц потока.

Методики и программы расчета нестационарных ГДХ крыльев, обусловленные пульсациями скорости набегающего потока, колебаниями и вибрацией несущей поверхности, были созданы только для безотрывных режимов обтекания [7]. На базе этих разработок планируется создание комплекса программ для моделирования указанных режимов взаимодействия судовых крыльевых конструкций с потоком и для определения их ГДХ при безотрывных и закритических режимах обтекания в широких диапазонах углов атаки, чисел Рейнольдса и Струхаля.

Разработанные методики и программы обеспечивают возможность решения проблем нестационарной гидродинамики крыльев с использованием новейшей вычислительной

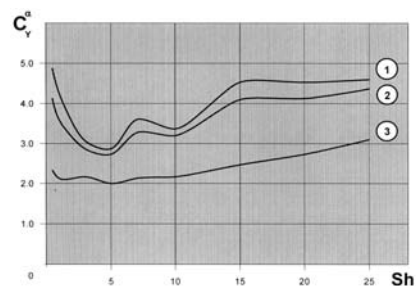


Рис. 4. Зависимость производной коэффициента подъемной силы по углу атаки  $C_l^{\alpha}$  от числа Струхаля  $Sh$  для крыльев прямоугольной формы в плане различного удлинения  $\lambda_{кр}$  при вращательных колебаниях относительно передней кромки: 1 —  $\lambda_{кр} = 10$ ; 2 —  $\lambda_{кр} = 5$ ; 3 —  $\lambda_{кр} = 2$

техники. Перспективой этих решений является создание универсального гидродинамического атласа ГДХ судовых крыльевых конструкций.

Все теоретические разработки предполагается проводить комплексно с необходимым объемом экспериментальных исследований на установках и стендах ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова.

Результаты выполненной работы впервые в практике отечественного судостроения обеспечат возможность повысить эффективность проектирования стабилизаторов, рулей, лопастей гребных винтов, воздушных двигателей на базе компьютерного прогнозирования.

#### Литература

1. Falkner V. M. The solution of Lifting. Plane Problems by Vortex-Lattice Theory // Reports and Memoranda N 2591. September, 1947.
2. Белоцерковский С. М., Скрипач Б. К., Табачников В. Г. Крыло в нестационарном потоке газа. М.: Наука, 1971.
3. Белоцерковский С. М. и др. Атлас нестационарных аэродинамических характеристик крыльев конечного размаха. М.: Наука, 1959.
4. Гольдштейн М. Е. Аэроакустика. М.: Машиностроение, 1981.
5. Startsev S. B. Determination of Nonstationary Hydrodynamic Characteristics of the Finite Aspect Ratio Foil Interacting with Nonuniform Turbulent Flow. Proceedings of International Shipbuilding Conference (ISC), Sec. B., St. Petersburg, Russia, 1994.
6. Старцев С. Б., Трещевский В. Н. Нестационарные гидродинамические характеристики крыла конечного размаха при взаимодействии с неоднородным потоком // Сб. трудов СПб Гос. ун-та. Разд. «Прикладная механика». 1997. Вып. № 10.
7. Старцев С. Б. Исследование нестационарных гидроаэродинамических характеристик крыла конечного размаха при взаимодействии с неоднородным потоком. Дисс. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук, 1995.

## ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ ПРОЧНЫХ КОРПУСОВ ГЛУБОКОВОДНОЙ ТЕХНИКИ ИЗ СТЕКЛОМЕТАЛЛОКОМПОЗИТА

В. В. Пикуль, докт. физ.-мат. наук (ДВГТУ) УДК 629.5.024-033.5:624.046.5

Стекло и стеклокерамика по показателям удельной прочности на сжатие и удельной жесткости намного превосходят такие конструкционные металлы, как сталь, алюминиевые и титановые сплавы. Однако стекломатериалы обладают низкой прочностью на растяжение, низкой контактной прочностью, очень чувствительны к концентрации напряжений и ударным нагрузкам, что практически сводит на нет их достоинства. Существенное повышение ударостойкости является ключевой проблемой на пути практического использования стекла и стеклокерамики в конструкциях ответственного назначения.

Низкая ударостойкость стекла связана с наличием у него многочисленных поверхностных микротрещин. Еще в 20-х годах нашего столетия А. Ф. Иоффе установил, что при устранении поверхностных микроскопических дефектов прочность твердых тел повышается в сотни раз. С этого времени устранение поверхностных микротрещин является самым радикальным средством повышения прочности и ударостойкости изделий из стекла. Даже простое механическое смыкание поверхностных микротрещин приводит к многократному повышению прочности и ударостойкости стекла. Так, закалка листового стекла позволяет за счет обжата поверхностных слоев повысить ударостойкость в 5–7 раз, статическую прочность — в 4–6 раз и термическую — в 2–3 раза [1]. Большой эффект дает глубокое обжатие стекла, а при всестороннем обжате оно переходит в упругопластическое состояние. При двумерном обжате, вследствие уплотнения материала, происходит существенное повышение ударостойкости за счет сжимающих напряжений. Испытания, проведенные в США, показали, что взрывостойкость стеклянных полых сфер повышается с увеличением глубины погружения: на глубине 6300 м со-

противление оболочек действию ударных нагрузок в 5 раз выше, чем на поверхности [2].

Высокая прочность стекла и стеклокерамики на сжатие вселяет оптимистические надежды на их использование в глубоководной технике в качестве конструкционного материала прочных корпусов. Пик исследований по применению стекломатериалов в глубоководной технике пришелся на 60-е годы XX века. Казалось, что решение задачи не за горами, но чем глубже вникали в проблему создания прочных корпусов глубоководной техники, тем больше препятствий появлялось на пути ее решения. К проблеме повышения ударостойкости стекла добавилась проблема создания крупногабаритных корпусов. Известно, что в процессе стеклования стекломатериал привирается к форме, если она разогревается до температуры 500–600 °С [3]. Преодолеть это явление при изготовлении крупногабаритных корпусов пытались путем создания композитных оболочек, в которых внутренний слой из склеенных стеклянных сегментов заключается в пространство между тонкими металлическими обшивками [4]. Однако при этом возникли осложнения, связанные с подготовкой и подгонкой друг к другу стеклянных сегментов. В конце концов оптимистические ожидания сменились глубоким разочарованием, и установилось мнение, что область применения стекломатериалов в глубоководной технике ограничена малогабаритными корпусами.

Однако идея использования стекла в качестве конструкционного материала крупногабаритных прочных корпусов остается столь же привлекательной, как и в 60-е годы. Новый способ изготовления оболочек прочного корпуса из стекломаталлокомпозиата [5] возрождает прежние надежды. В основу этого способа положены известные свойства стекломатериалов и методы повышения их статической и дина-

мической прочности. Стекломатериал входит в состав трехслойного композита, в котором он находится в виде слоя между растянутыми обшивками из металлов. В зависимости от назначения оболочки используются различные марки стекла и стеклокерамики с разными металлическими обшивками, растянутыми до требуемых величин, вследствие чего происходит обжатие стекломассы в процессе ее формирования, что препятствует образованию поверхностных микротрещин и приводит к уплотнению стекломассы. Обжатие стекломассы осуществляется за счет более интенсивного сокращения размеров металлических обшивок при остывании композита. Мера обжата регулируется разницей в коэффициентах температурного расширения слоев композита путем специальных добавок в жидкую фазу стекломассы. Надежность соединения слоев композита между собой обеспечивается определенным уровнем температуры и состоянием поверхностей металлических обшивок в период стеклообразования внутреннего слоя.

Возможность изготовления крупногабаритных оболочек обусловлена термопластичностью стекломатериала. При использовании композитных оболочек в качестве материала прочного корпуса глубоководной техники обжатие стекло-слоя доводится до уровня, при котором работоспособность металлических обшивок (за счет работы в области растягивающих деформаций) повышается вдвое по сравнению с цельнометаллическими корпусами. В наземной, подземной, воздушной и космической технике мера обжата стекломатериала ограничивается устранением поверхностных микротрещин. Более подробное описание способа изготовления композитной оболочки, предназначенной для глубоководной техники, дано в работе [6].

Рассмотрим эффективность применения стекломаталлокомпозиата в глубоководной технике на примере прочного корпуса обитаемого подводного аппарата длиной 10 м и диаметром 4 м, состоящего из цилиндрической оболочки с полусферическими оконечностями. Толщины слоев стекломаталлокомпозиата по-

добраны таким образом, чтобы исключить применение шпангоутов. В качестве материала стеклокомпозита принята свариваемая сталь НУ-230, которая используется в подводном кораблестроении США [7], и ситалл СТМ-1 [4]. Оценка прочности и устойчивости прочных корпусов произведена на базе теории слоистых оболочек вращения [8] с учетом принятых в судостроении методик и норм прочности [9]. В табл. 1 приведены основные характеристики трех вариантов прочного корпуса, в том числе для предельной условной глубины погружения (наибольшая глубина океана в Марианской впадине считается равной 11 034 м [2]).

Если габариты рассматриваемого прочного корпуса из стеклометаллокомпозита увеличить в 10 раз, то его грузоподъемность, согласно выполненным расчетам, увеличится соответственно от 4 830 т на глубине 6000 м до 29 800 т на глубине 11 400 м. Отсюда следует, что применение стеклометаллокомпозита в глубоководной технике способно решить проблему освоения предельных глубин Мирового океана. При использовании в качестве обшивки стеклокомпозита листов высокопрочного титанового сплава весовые характеристики прочного корпуса улучшаются [6]. Однако титановый сплав дороже стали. Поэтому его применение может быть оправдано лишь в тех случаях, когда решающее значение для конкретного вида глубоководной техники имеют весовые характеристики прочного корпуса.

Оценку экономической эффективности использования стеклометаллокомпозита для прочных корпусов глубоководной техники произведена путем соответствующего сравнения с высокопрочными титановыми сплавами. С учетом затрат на обработку технологии изготовления стеклометаллокомпозита стоимость 1 т ситалла СТМ-1 принята равной 500 дол., 1 т высокопрочной стали НУ-230 — 1100 дол., 1 т высокопрочного титанового сплава — 12 500 дол. [7].

Достаточная положительная плавучесть прочного корпуса из высокопрочного титанового сплава обеспечивается до глубины 6000 м [10]. При больших глубинах прихо-

Таблица 1

Основные оценочные характеристики прочного корпуса подводного аппарата из стеклометаллокомпозита					
Вариант	Рабочая глубина погружения $H$ , м	Масса, т	Объем $V$ , м <sup>3</sup>	Удельная плотность $\rho = H/V$ , т/м <sup>3</sup>	Положительная плавучесть, т
1	6000	48,00	84,21	0,570	36,21
2	8000	59,00	85,44	0,691	28,66
3	11400	66,45	88,33	0,752	24,17

дится увеличивать массу титанового корпуса настолько, что появляется потребность в дополнительных объемах плавучести. Обеспечить их в настоящее время позволяет синтактик, представляющий собой полые стеклянные микросферы, размещенные внутри полимерного связующего. Известны марки синтактика, применимые на глубинах свыше 6000 м. Так, американская фирма Syntech выпускает синтактик, предназначенный для работы на глубине 8000 м, который имеет плотность 0,608 т/м<sup>3</sup>. Его стоимость 28 250 дол./м<sup>3</sup>.

В табл. 2 приведена стоимость материалов прочных корпусов, рассчитанных для работы на глубинах 6000 и 8000 м.

Из табл. 2, видно, что даже без применения дополнительных объемов плавучести стоимость прочного корпуса из высокопрочного титанового сплава превышает стоимость прочного корпуса из стеклометаллокомпозита почти в 18 раз, при этом удельная плотность титанового корпуса оказывается выше в 1,21 раза. Применение синтактика для повышения плавучести титанового корпуса, предназначенного для глубин порядка 8000 м, представляется нецелесообразным из-за его высокой стоимости и почти 5-кратного увеличения объема.

Данные табл. 1 и 2 позволяют сделать вывод об уникальности сте-

клометаллокомпозита: повышение прочностных свойств конструкционного материала сопровождается снижением его стоимости, что открывает большие перспективы для его применения.

Конструкционные материалы, обладающие высокой удельной прочностью при относительно низкой стоимости, представляют интерес не только для глубоководной, но и для воздушной и космической техники, судостроения, гражданского строительства и в других областях техники.

Промышленностью выпускаются стекла различного назначения: химически стойкие, защищающие от проникающей радиации и т. д., что позволяет изготавливать оболочки из стеклометаллокомпозита со специальными свойствами, использование которых приведет к резкому повышению эксплуатационных свойств нефтегазопроводов, резервуаров для захоронения радиоактивных отходов и т. п.

Важное значение имеет также высокая технологичность изготовления и промышленной переработки оболочек из стеклометаллокомпозита. Для этого может быть использована промышленная технология производства стекла и стеклянных изделий. Вследствие термопластичности составных частей стеклометаллокомпозита при изготовлении продукции может быть

Таблица 2

Сопоставление стоимости материалов прочных корпусов				
Рабочая глубина погружения, м	Удельная плотность прочного корпуса $\rho$ , т/м <sup>3</sup>	Масса, т	Стоимость, тыс. дол.	Относительная стоимость
6000	0,570/0,690	48,00/54,02	37,77/675,24	1/17,88
8000	0,691/0,691	59,00/252,25	39,75/9716,39	1/244,44

Примечание. В числителе приведены данные для стеклометаллокомпозита, в знаменателе — для высокопрочного титанового сплава.



использовано промышленное оборудование для резки, сварки и других технологических операций.

Таким образом, стеклометаллокомпозит способен обеспечить достаточную положительную плавучесть крупногабаритных подводных аппаратов и сооружений вплоть до предельных глубин Мирового океана. Тем самым открывается реальная возможность для решения одной из проблем, которая давно стоит перед челове-

чеством, — освоения глубин Мирового океана.

**Литература**

1. Филин А. П. Прикладная механика твердого деформируемого тела. Т. 1. М.: Наука, 1975.
2. Диомидов М. Н., Дмитриев А. Н. Подводные аппараты. Л.: Судостроение, 1966.
3. Технология стекла/Под ред. И. И. Китайгородского. М.: Стройиздат, 1967.
4. Прочные оболочки из силикатных материалов/Под ред. Г. С. Писаренко. Киев: Наук. думка, 1989.
5. Патент РФ № 2067060. Способ изготовления оболочки прочного корпуса подводного ап-

- парата. Пикуль В. В.//Бюл. изобр. 1996. № 27.
6. Пикуль В. В. Перспективы создания слоистого композита на основе стекломатериалов//Перспективные материалы. 1999. № 1.
7. Букалов В. М., Нарусбаев А. А. Проектирование атомных подводных лодок. Л.: Судостроение, 1968.
8. Пикуль В. В. Теория и расчет оболочек вращения. М.: Наука, 1982.
9. Дмитриев А. Н. Проектирование подводных аппаратов. Л.: Судостроение, 1978.
10. Создание корпусов глубоководных аппаратов из сплавов титана для сверхбольших глубин/В. М. Рябов, Ю. Д. Хесин, И. Н. Разуваева и др.//Судостроение. 1981. № 7.

**КОНТРОЛЬ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ МОРСКИХ РАБОТ**

**Ю. Н. Семенов, С. Г. Мохов (СПбГМТУ), И. В. Алешин (НИИ ФООЛИОС ВНЦ «Государственный оптический институт им. С. И. Вавилова»)**

УДК 504.42.06

Использование Мирового океана и освоение его ресурсов в последние десятилетия достигли таких грандиозных масштабов, что фактически стали одними из определяющих факторов техногенного воздействия на окружающую природную среду. Особенно в тяжелом положении оказался континентальный шельф, куда ежегодно сбрасывается огромное количество промышленных, сельскохозяйственных и коммунально-бытовых сточных вод, радиоактивных и химических отходов, а также других опасных загрязняющих веществ.

Обеспечение экологической безопасности районов повышенного экологического риска возможно лишь при использовании всеми расположенными там государствами концепции «устойчивого развития», согласно которой воздействие на окружающую природную среду должно быть соизмеримо с потенциалом ее самовосстановления [1, 2]. Одной из важнейших составляющих этой концепции является необходимость оперативного контроля экологического состояния наиболее уязвимых морских экосистем, в том числе подвергающихся интенсивному техногенному воздействию от объектов океанотехники [2, 3].

В данной статье проанализированы основные направления организации такого экологического контроля и предложены пути повышения его эффективности.

**Виды морских работ.** Условно деятельность человека в Мировом океане, в том числе на континентальном шельфе, можно разделить на семь групп: строительство гидротехнических сооружений (добычных комплексов, портов и дамб, подводных трубопроводов и кабелей, фарватеров и пр.); добыча биологических ресурсов (рыболовство, марикультура); разработка месторождений нефти и газа; добыча твердых полезных ископаемых (железомарганцевых конкреций, различных руд, песка, щебня и т.д.); освоение энергетических ресурсов (ветра, ветровых волн, приливов и пр.); использование морских плавсредств для проведения работ в других областях деятельности человека (плавучие заводы, мастерские, аэродромы, космодромы и т. п.); научно-исследовательские работы. Отдельно можно выделить специальные операции, например, по захоронению отходов.

**Техногенное воздействие на окружающую среду при проведении морских работ.** Все воздействия на окружающую среду, оказываемые средствами океанотехники при проведении морских работ, можно сгруппировать в несколько основных видов:

воздействие различных физических полей (тепловых, радиационных, электромагнитных и т. д.); воздействие через изменение физических свойств среды (в том

числе увеличение мутности, изменение гранулометрического состава и структуры донных осадков, поля скоростей водных потоков, привнесение посторонних техногенных предметов, создание искусственных субстратов и т. д.);

непосредственное воздействие токсичных химических веществ, содержащихся в нефти, продуктах ее переработки, технологических растворах и т. д.;

воздействие через изменение химических свойств морской среды (рН, содержание растворенных газов, солевой состав и т. д.);

влияние на представителей морской флоры и фауны, вынуждающее их к адаптации или к миграции в другие районы, и т. д.

Перечисленные воздействия в небольших дозах не представляют серьезной опасности для экологического состояния окружающей среды и всегда присутствуют даже при нормальных технологических циклах.

По степени опасности для окружающей среды все виды морских работ можно распределить в следующем порядке: 1) добыча нефти и газа; 2) транспортировка углеводородных соединений (УВС); 3) транспортировка других опасных веществ; 4) различные специальные работы; 5) захоронение высокотоксичных отходов; 6) добыча твердых полезных ископаемых; 7) проведение строительных работ; 8) использование энергетических ресурсов моря.

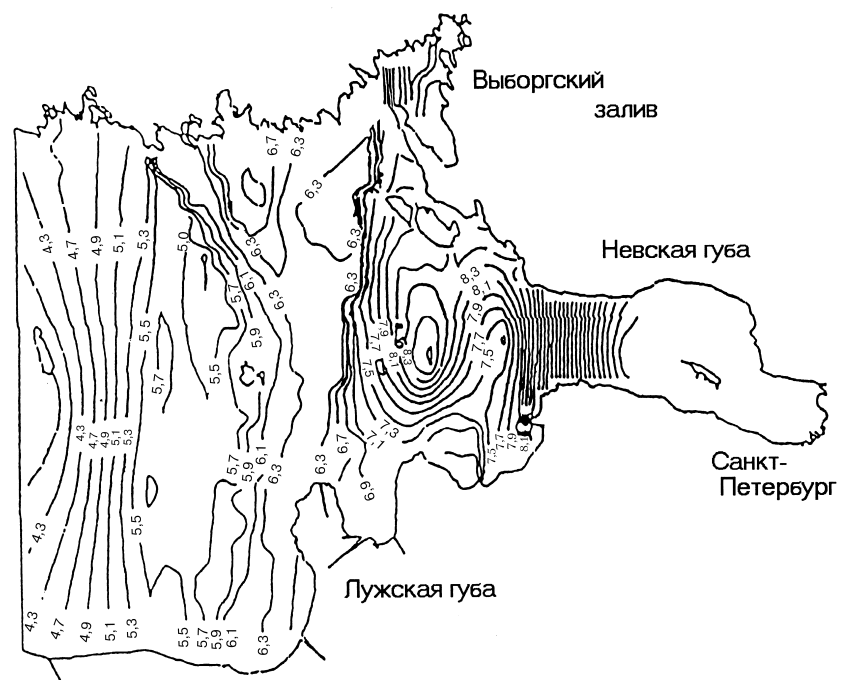
Наиболее опасны различные аварийные ситуации на добычных комплексах и хранилищах УВС, подводных нефте- и газопроводах, на транспортных судах, аварии реакторов, нарушение герметичности контейнеров с отходами и т. д.

При проведении различных видов работ, кроме стандартных за-

грязнений (сточные, нефтесодержащие воды и т. д.), существуют свои приоритетные загрязняющие вещества (см. таблицу).

**Общая схема организации экологического контроля океана в местах интенсивных техногенных воздействий.** Специфика морской среды как объекта экологических исследований обусловлена многообразием, сложностью и взаимовлиянием одновременно протекающих в ней природных и антропогенных процессов. Поэтому контроль экологического состояния природных морских экосистем также носит сложный, многоступенчатый характер [2, 3]. Главной особенностью организации такого контроля является необходимость проведения его в несколько этапов, которых в простейшем случае может быть два (назовем их условно оперативным и аналитическим) [4, 5]. При возникновении аварий в местах проведения морских работ ситуация развивается столь стремительно, что оперативные решения по стабилизации экологической обстановки часто приходится принимать на основании результатов только первого этапа контроля и использовать для экологических исследований комплексы аппаратуры предварительного контроля (АПК). Главными задачами оперативного контроля являются экспрессное выявление и исследование в режиме *in-situ* (т. е. непосредственно в морской среде) локальных очагов нарушения экологического равновесия, изучение динамики экологической обстановки и предварительная оценка экологической ситуации. Основным требованием к результатам контроля на этом этапе является достижение максимальной оперативности и репрезентативности экологической информации, что обеспечивает соответствующую оперативность принятия решений по стабилизации экологической обстановки.

В состав комплексов АПК, которые наиболее широко используются на оперативном этапе, обычно включают дистанционную и контактную аппаратуру, предназначенную для проведения натурных экологических исследований *in-situ* с борта движущихся судовых носителей аппаратуры (специализированных или используемых по совмещению) в режиме горизонтального сканирования приповерхностного слоя мор-



Распределение коэффициента поглощения воды в восточной части Финского залива в УФ-диапазоне спектра

ской среды. При этом регистрируются, в основном, ее интегральные экологические параметры, характеризующие суммарный отклик контролируемой экосистемы на влияние многих одновременно действующих факторов природного и техногенного воздействия [5].

**Структура типового комплекса АПК для оперативного экологического контроля морской среды.** Рассмотрим пример формирования типового комплекса экологической АПК для размещения его на борту небольшого судна, используемого по совмещению для контроля экологического состояния небольшого водного объекта. В качестве объектов наблюдения в данном случае целесообразно выбрать приоритетные источники техногенного загрязнения контролируемого водного бассейна, а также общее состояние экосистемы.

Поскольку на борту носителя удастся разместить в полном объеме только комплекс АПК, то приоритетным режимом наблюдения следует признать режим *in-situ*, а режим *in-vitro* — вспомогательным, используемым лишь в отдельных контрольных точках бассейна (там, где удастся отобрать пробы воды). Стандартный бортовой комплекс АПК в данном случае должен включать три самостоятельные структурные подсистемы:

бортовую дистанционную (бесконтактную) аппаратуру (БДА), размещаемую на палубе или внутри корпуса судна и работающую по невозмущенной водной поверхности, толще водной среды или дну водного объекта при движении носителя с высокой скоростью (6—10 уз и более);

бортовую контактную аппаратуру (БКА), размещаемую на специальных откидных забортных устройствах, погружаемых в водную среду на фиксированную глубину, и работающую по приповерхностному слою воды при движении судового носителя с ограниченной скоростью (3—6 уз);

бортовую систему пробоотбора и аналитического контроля (БСПАК), обеспечивающую отбор проб воды из приповерхностного слоя как в дрейфе носителя, так и при его движении с ограниченной скоростью при помощи забортного трубопровода и судового насоса и их исследование стандартными аналитическими методами на борту носителя.

В состав БДА целесообразно включить акустический локатор бокового обзора, спектрометрический прибор видимого диапазона спектра, ИК-радиометр, локатор водной поверхности с лазерной подсветкой, лидар обратного рассеяния, магнитометр, датчик радиационного загрязнения; в состав БКА — стандартный эко-

Распределение видов морских работ по классам опасности и рекомендуемая аппаратура			
Класс опасности	Вид работ	Основные загрязнители	Дополнительный аппаратный модуль
1	Добыча нефти и газа	Нефть и нефтепродукты	Многоканальный флюориметр, ИК-радиометр, локатор водной поверхности с лазерной подсветкой
2	Транспортировка УВС	Нефть и нефтепродукты	Многоканальный флюориметр, ИК-радиометр, локатор водной поверхности с лазерной подсветкой
3	Транспортировка других опасных веществ	Различные химические соединения	Спектрофотометр, лидар обратного рассеяния, лабораторный флюориметр
4	Различные специальные работы	Радиоактивное и химическое загрязнение	Датчик радиационного загрязнения, спектрометрический, многоканальный флюориметр, магнитометр
5	Захоронение высокотоксичных отходов	Высокотоксичные химические загрязнители	Спектрофотометр, датчик радиационного загрязнения, спектрометрический, многоканальный флюориметр, магнитометр
6	Добыча полезных ископаемых	Изменение структуры донного рельефа, увеличение мутности	Спектрорадиометр, лидар обратного рассеяния, магнитометр, акустический локатор бокового обзора
7	Проведение строительных работ	Изменение структуры донного рельефа, привлечение посторонних техногенных объектов, увеличение мутности	Магнитометр, спектрометрический, видимого диапазона спектра, лидар обратного рассеяния, локатор водной поверхности
8	Использование энергетических ресурсов моря	Структурное загрязнение, в ряде случаев тепловое загрязнение (термальные станции)	ИК-радиометр, спектрометрический, магнитометр

логический зонд для измерения гидрофизических и гидрохимических параметров водной среды, многоканальный спектропрозрачномер, измеритель подводной облученности, многоканальный флюориметр, измеритель направления и скоростей течений и т. д. [6, 7].

Необходимым структурным элементом комплекса АПК, объединяющим все его элементы, должен быть бортовой информационно-вычислительный центр на базе современного персонального компьютера, при помощи которого осуществляется сбор, накопление, предварительная обработка, представление и хранение экологической информации на борту носителя аппаратуры [5].

**Пути повышения эффективности комплекса аппаратуры при контроле экологического состояния океана.** Проблема выбора оптимальной структуры судового комплекса АПК, предназначенного для оперативного экологического контроля мест интенсивных техногенных воздействий, имеет и научно-техническое, и экономическое значение. Представленный комплекс АПК может использоваться для контроля эко-

логического состояния практически любого водного объекта, но он имеет высокую стоимость и требует больших эксплуатационных затрат. Поэтому предлагается разделить его на модули, выбор которых будет определяться видом проводимых работ. Например, при контроле акватории в месте добычи нефти в АПК будут преобладать приборы, предназначенные для выявления нефтяного загрязнения; при контроле мест проведения дноуглубительных работ — аппаратура, позволяющая определять прозрачность водной среды и т.д. Кроме того, в целях удешевления комплекса необходимо исключить дублирующие приборы.

Базовыми элементами такого комплекса должны быть: персональный компьютер; измерители температуры, давления и электропроводности; измеритель направлений и скоростей течений — для моделирования развития ситуации; прозрачномер и измеритель подводной облученности — приборы, дающие возможность судить об интегральном экологическом состоянии обследуемой акватории; флюориметрический лидар, позволяющий об-

наруживать нефтяную пленку на водной поверхности. Дополнительным является модуль аппаратуры для работы с определенным видом загрязнений. При данной схеме составления комплекса модули выбираются в зависимости от района проведения исследований и от вида антропогенной деятельности в данном районе.

В процессе проведения работ экологические аномалии обнаруживаются с помощью базового модуля, а затем они идентифицируются с помощью дополнительных модулей. Если происхождение аномалий установить не удается, то отбираются пробы воды или грунта для последующего изучения в лабораторных условиях.

**Оптические методы контроля экологического состояния водной среды.** Предпосылкой использования оптических методов является то, что структура световых полей определяется как свойствами дистиллированной (чистой) воды, которые хорошо известны, так и наличием в воде оптически активных примесей (ОАП) природного и техногенного происхождения — пигментов фитопланктона, растворенных органических и минеральных веществ, взвешенных частиц и т. д. [8—11]. Изучение оптическими методами перераспределения таких примесей позволяет судить о динамике происходящих в океане природных и техногенных процессов.

В концептуальном плане при применении оптических технологий предполагается решение нескольких взаимосвязанных задач [11]:

- ◆ проведение натурного гидрооптического эксперимента с целью изучения пространственно-временной структуры световых полей в изучаемой акватории и измерение вторичных оптических характеристик морской воды;

- ◆ решение обратной задачи восстановления первичных гидрооптических характеристик морской среды по результатам такого эксперимента;

- ◆ переход от пространственно-временного распределения первичных гидрооптических характеристик морской среды к соответствующему распределению ее интегральных характеристик на основе использования соответствующих алгоритмов восстановления;

♦ оценка экологической обстановки в контролируемой акватории на основе восстановленного по результатам натурных гидрооптических исследований распределения интегральных экологических характеристик морской среды.

Приведен пример использования предложенной системы оперативного контроля за состоянием морской среды в местах интенсивных техногенных воздействий в Финском заливе Балтийского моря — в районах строительства новых портов.

На рисунке показано распределение коэффициента поглощения воды в приповерхностном слое в УФ-диапазоне спектра, характеризующего соответствующее распределение в воде растворенных органических веществ (РОВ). Как известно [10, 11], РОВ являются хорошими индикаторами мест интенсивных техногенных воздействий. Сравнительно высокий коэффициент выборочной корреляции показателя поглощения, полученного при использовании оптической аппаратуры на длине волны 360 нм,

с концентрацией РОВ, определенной стандартными аналитическими методами на пробах воды ( $k \approx 0,88...0,91$ ), позволяет использовать данный метод для оценки экологической обстановки практически в масштабе реального времени. На рисунке отчетливо выявляются техногенные фронты загрязнения на траверзе Лужская губа — Выборгский залив и хорошо видно, как резко ухудшается экологическая ситуация по мере продвижения на восток — к Санкт-Петербургу.

Таким образом, использование современных оптических методов экологических исследований позволяет осуществлять экспрессный экологический контроль состояния морской среды в местах интенсивных техногенных воздействий.

#### Литература

1. Израэль Ю. А., Цыбань А. В. Антропогенная экология океана. Л.: Гидрометеоздат, 1989.
2. Алешин И. В. Экология моря. СПб: ГМТУ, 1995.
3. Алешин И. В., Семенов Ю. Н., Яковлев В. А. Проблемы защиты океана от антропогенного загрязнения // Мониторинг и безопасность

жизнедеятельности. 1995. № 3.

4. Стадницкий Г. В., Родионов А. И. Экология. СПб: Химия, 1997.
5. Алешин И. В. Экологический мониторинг Мирового океана. СПб: ГМТУ, 1997.
6. Фотометрия оптических полей поверхностных слоев моря // И. В. Алешин, В. Г. Лысков, В. Н. Писарев, Е. А. Цветков // Оптический журнал. 1993. Т. 60. № 12.
7. Прямые и дистанционные методы в мониторинге экологических последствий эвтрофирования и токсического загрязнения природных вод // И. В. Алешин, Г. Д. Андреев, Е. Е. Марков, В. П. Рябова // Сб. материалов конгресса «Экология России». М.: УНИВЕРСУМ, 1993.
8. Использование оптических методов при решении обратных задач экологического мониторинга природных вод // И. В. Алешин, А. Г. Журенков, А. З. Зурабян, В. А. Яковлев // Оптический журнал. 1998. Т. 65. № 5.
9. Применение информационно-оптических технологий для изучения природных и антропогенных процессов в океане // И. В. Алешин, Э. Г. Гончаров, А. З. Зурабян и др. // Оптический журнал. 1998. Т. 65. № 12.
10. Теоретические проблемы исследований природных и антропогенных процессов в океане оптическими методами // И. В. Алешин, С. А. Вицинский, А. Г. Журенков и др. // Оптический журнал. 1999. Т. 66. № 11.
11. Алешин И. В., Цветков Е. А., Яковлев В. А. Оптические методы в экологическом мониторинге природных вод // Оптический журнал. 1997. Т. 64. № 3.

## РОССИЙСКАЯ ЭКСПОЗИЦИЯ НА ВЫСТАВКЕ «ПОСЕЙДОНИЯ-2000»

5—9 июня 2000 г. в г. Пирей (Греция) состоялась традиционная Международная морская выставка «Посейдония-2000». Выставка, проходящая с 1976 г., собрала рекордное количество участников — 1485 компаний из 72 стран, включая 30 национальных павильонов и экспозиций.

«Посейдония», организованная при поддержке Министерства морского флота Греции, Союза греческих судовладельцев, Греческой судодходной палаты, Международной бункерной ассоциации, Ассоциации средиземноморского судоходства и муниципалитета города-порта Пирей, является крупнейшей морской выставкой в мире. Выставка прошла как юбилейное празднование 4000-летия греческого судоходства, контролирующего в настоящее время более 3500 судов суммарным тоннажом 145 млн т, что составляет около 16% всего мирового и 40% европейского торгового флота. Объявленная недавно программа модернизации флота страны, предусматривающая закупку судов и оборудования, размещение заказов на верфях всего мира, предполагает прямые инвестиции в размере 8,5 млрд дол.

Впервые при поддержке Российского агентства по судостроению, Союза российских судовладельцев, Ассоциации морских торговых портов и администрации Санкт-Петербурга на выставке «Посейдония-2000» был организован российский национальный павильон. Организатором выступила дирекция морских и транспортных выставок «Нева» и «Транстек» — ЗАО «Транстех Нева Эксбишнс». Участниками российского павильона стали Российский Морской Регистр Судоходства, Балтийский завод, Северное КПБ, Зеленодольское ПКБ, Пролетарский завод, «Но-

вая ЭРА», Брянский машиностроительный завод, СРЗ «Нерпа», Канонерский СРЗ, АКО «БАРСС», АО «Звезда», ЦНИИ СЭТ, а также динамично развивающиеся фирмы — Международная бункеровочная компания ОАО «ЭКО-Феникс Холдинг», «Чарт-Пилот», «Коррект Марин», «Судомех Саплай», «Экономи Шиппинг Эдженси».

Российская экспозиция вызвала значительный интерес у зарубежных участников и посетителей выставки, представителей международной прессы. Так, европейским еженедельником «Шиппинг энд Файнэнс» от 5 июня 2000 г. отмечено, что наряду с уже известными и традиционными участниками, Россия представлена впервые на «национальном уровне».

Следуя современным требованиям маркетинга, совместно с ЦНИИ СЭТ на интернет-сайте выставок «Нева» и «Транстек» за месяц до начала выставки был организован электронный сайт с адресом [www.setcorp.ru/posidonia.russia](http://www.setcorp.ru/posidonia.russia), поддерживающий «электронное пространство» российской экспозиции.

Российские специалисты в ходе выставки вели интенсивные переговоры с представителями греческого морского рынка и других стран — Китая, Кореи, Гонконга, Норвегии, Великобритании. По словам одного из участников — руководителя службы маркетинга Балтийского завода «... Греция является одним из лидеров среди морских держав по числу судов, плавающих под ее флагом, и привлекает специалистов умением своих бизнесменов организовать инвестиции и направлять финансовые средства в такие важные сферы современной экономики, как судостроение и судоходство. Деловые встречи, проведенные специалистами Балтийского завода в ходе выставки с представителями греческого бизнеса, да-

ют хороший импульс и открывают перспективу к упрочению партнерских отношений с финансовыми кругами этой морской державы...».

По мнению президента ОАО «ЭКО-Феникс Холдинг» Якова Ершовского «... благодаря атмосфере, созданной организаторами «Посейдонии», эта выставка — лучшее место для встреч со старыми партнерами, развития кооперации и установления новых связей. Моим сотрудникам удалось добиться совершенно исключительных условий партнерства с рядом крупных судовладельцев. Таких результатов невозможно достичь годами телефонных или письменных переговоров, а только при личной встрече, что и является целью и смыслом такого рода выставочных мероприятий...».

Конечно, на фоне огромных роскошных павильонов лидеров судостроения Японии и Южной Кореи наша экспозиция выглядела скромнее, но основная первоначальная задача — «обозначить флаг» — была выполнена.

Российский национальный павильон, заявленный к участию в следующей выставке «Посейдония-2002», несомненно достоин прямой поддержки российских государственных и региональных структур, а также посольства и торгпредства России в Греции, имеющих опыт ведения дел в данной стране с 1928 г., о чем в рамках «Посейдония-2000» была достигнута принципиальная договоренность. Это поможет уже на предварительном этапе включить необходимые маркетинговые механизмы, способные в дни проведения выставки коренным образом улучшить качество и результативность контактов.

Добро пожаловать в российский павильон выставки «Посейдония-2002».

**А. Н. Тихомиров,**  
директор российских морских  
и транспортных выставок «Нева» и «Транстек»

## ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПЕРСПЕКТИВНОЙ ДЭПЛ

УДК 629.5.03-83

Б. В. Никифоров, Д. Ю. Шишкин (ЦКБ МТ «Рубин»)

В концепцию создания перспективной дизель-электрической подводной лодки (ДЭПЛ) в качестве основной составляющей входит достижение высокой эффективности используемого оборудования, что, в конечном итоге, направлено на получение максимально возможных значений дальности плавания в подводном положении. Экономичность является одним из важнейших параметров при построении электроэнергетической системы (ЭЭС) ДЭПЛ. Рассмотрим основные пути повышения эффективности ЭЭС.

**Система электродвижения на базе электродвигателя с постоянными магнитами.** Проблема совершенствования гребного электродвигателя (ГЭД) до недавнего времени в основном сводилась к обеспечению наиболее высокой экономичности в режиме движения малыми скоростями. На ДЭПЛ устанавливался либо специальный низкооборотный ГЭД постоянного тока (ГЭД<sub>пт</sub>), либо использовался всережимный ГЭД с дополнительными преобразователями цепи якоря. В первом случае КПД электродвигателя не превышает 77, а во втором 68%.

Одно из перспективных направлений улучшения основных показателей ГЭД на подводных лодках — это использование вентильных электродвигателей с системой возбуждения, основанной на постоянных магнитах (ГЭД<sub>пм</sub>), позволяющее получить КПД до 95% благодаря отсутствию потерь на возбуждение, улучшить удельные характеристики, а также пусковые и регулировочные характеристики и повысить надежность работы (табл. 1).

Низкий уровень воздушного и структурного шумов системы электродвижения (СЭД) с такими ГЭД достигается благодаря снижению электрических, магнитных и механических шумов, а также уменьшению частоты вращения линии вала и гребного винта.

Высокая надежность этой СЭД обеспечивается многоканальной системой питания и использованием многофазной электромашин с независимыми обмотками, в результате чего выход из строя всех каналов, кроме одного, не приведет к полному отказу СЭД.

**Использование быстродействующих выключателей в схеме главного тока.** Традиционно все ДЭПЛ отечественного производства строятся по двубортному принципу, оба борта соединяются параллельно в ци-

те управления главным ГЭД. При коротких замыканиях (КЗ) по этой схеме возможно полное обесточивание ДЭПЛ на время срабатывания автоматических выключателей, расположенных в щитах батарейных автоматов, при котором все ответственные потребители должны обеспечивать работу от собственных источников электроэнергии. Кроме того, при выходе из строя любого помещения (возгорание, затопление) невозможно локализовать аварийную ситуацию и сохранить ход ДЭПЛ от СЭД, отключив поврежденный борт.

В связи с высокой энергоемкостью групп аккумуляторной батареи (АБ) токи КЗ на проектируемых ДЭПЛ могут достигать величин, которые невозможно отключить существующими автоматическими выключателями.

Решить указанные проблемы можно, используя в перемычке между бортами ЭЭС быстродействующие выключатели со временем срабатывания в четыре-пять раз меньше постоянной времени тока КЗ. Такие выключатели позволяют: снизить время обесточивания ДЭПЛ при тяжелой аварии в 40—100 раз; уменьшить ударные значения токов короткого замыкания в два раза; отключить поврежденные участки ЭЭС с сохранением в ряде случаев движения от СЭД; снизить энергию импульсов коммутационных перенапряжений.

**Ускоренный режим заряда аккумуляторной батареи.** Мощность дизель-генератора (ДГ), устанавливаемого на ДЭПЛ, определяется током заряда АБ и временем заряда. Считалось, что чем больше установленная мощность ДГ, тем лучше. Однако эффективность использования мощных ДГ невысока. Объясняется это следующими причинами:

с возрастанием мощности ДГ увеличивается расход топлива при работе на парциальных режимах. Дальность плавания в режиме работы дизеля под водой падает (при одних и тех же затратах мощности и запасах топлива) с увеличением мощности генераторов, так как рассчитывается при 25—40% мощности ДГ;

максимальная мощность используется непродолжительное время (табл. 2).

Мощности ДГ, установленных на российских ПЛ, обычно примерно в два раза превышают соответствующие мощности на ПЛ ФРГ на единицу энергоемкости АБ, а по току заряда на 1 А·ч в некоторых случаях в три раза. Несмотря на такое огромное превос-

Таблица 1

Сравнительные показатели гребного электрооборудования		
Параметр	ГЭД <sub>пм</sub>	ГЭД <sub>пт</sub>
Количество ГЭД	1	2
Занимаемый объем, %	52	100
Масса, %	55	100
КПД, %:		
при номинальной нагрузке	100	97
при экономическом ходе	100	85
Требуемый объем охлаждающей жидкости, %	30	100
Суммарная длина СЭД, %	38	100

ходство в установленных мощностях, ДЭПЛ российского производства до недавнего времени уступали по расчетному коэффициенту скрытности. Объясняется это, в частности, тем, что на немецких ДЭПЛ рекомендованы ускоренные режимы заряда, позволяющие снизить время заряда практически в два раза без изменения установленной мощности ДГ. Незначительный недозаряд АБ на 2—3% компенсируется улучшением в два раза коэффициента скрытности. Этот режим обеспечивает некоторое снижение мощности ДГ с соответствующим повышением дальности плавания в режиме работы дизеля под водой.

**Аккумуляторная батарея.** На ПЛ необходимо устанавливать АБ, сочетающие высокие энергетические и ресурсные показатели. В настоящее время новые отечественные АБ имеют на 5—12% выше энергоемкость по сравнению с АБ на ДЭПЛ класса «Kilo».

Из табл. 3 видно, что российские АБ являются наиболее энергоемкими аккумуляторами. Кроме того, они обладают рядом достоинств, отсутствующих у зарубежных аналогов:

допускают полный многократный разряд, в то время как разряд зарубежных АБ свыше 80% допускает раз в полгода—год;

заряд АБ проводится до сообщения им полной емкости (немецкие аккумуляторы рекомендуется заряжать только до 80% емкости, в противном случае ресурсные характеристики снижаются);

низкое (более чем в два раза) внутреннее сопротивление АБ и, соответственно, высокая энергоемкость в кратковременных режимах разряда; более высокие токи заряда.

Следует отметить, что российские АБ последних моделей соответствуют и по ресурсным характеристикам лучшим мировым образцам.

### Исключение многочисленных преобразований электроэнергии.

Значительная экономия электроэнергии при движении ДЭПЛ на малых скоростях хода может быть достигнута за счет исключения многократного преобразования электроэнергии. На существующих ДЭПЛ используется большое количество сетей переменного и постоянного тока. Централизованные сетевые преобразователи в основных режимах эксплуатации ДЭПЛ работают на парциальных режимах, так как при движении ДЭПЛ малыми скоростями значительно снижается потребление электроэнергии общекорабельными механизмами и устройствами. Поэтому загрузка установленных преобразователей на действующих ДЭПЛ составляет не более 15—25%. Необходимо отметить, что практически ни один потребитель электроэнергии переменного тока не использует непосредственно получаемую электроэнергию, а преобразует ее в напряжение постоянного тока.

Общий КПД цепочки преобразования составляет не более 50—60%, а при использовании электромашиного преобразователя электроэнергии — 20—30%. Эти потери приводят не только к непроизводительному расходу электроэнергии АБ, но и к значительным тепловыделениям, что, в свою очередь, требует установки более мощной системы кондиционирования и вентиляции, также потребляющей много энергии. Так, при дополнительных тепловых

потерях в 5 кВт для сохранения дальности плавания необходимо установить дополнительно АБ общей массой около 6 т.

При организации питания систем радиоэлектроники непосредственно от основной силовой сети и использовании современной элементной базы КПД конвертора, непосредственно преобразующего напряжение основной силовой сети в пониженное 5—27 В, достигает 85—88%.

Следовательно, на ДЭПЛ максимально возможное количество потребителей должно получать электроэнергию непосредственно от основной силовой сети постоянного тока. В таком случае снижение потребления электроэнергии составит до 25% от суммарной мощности, потребляемой в режиме экономическоего хода.

Маломощная сеть переменного тока может предусматриваться только для питания бытовых электромеханизмов, сигнально-отличительных огней и вторичных потребителей электроэнергии, перевод которых на питание от сети постоянного тока нецелесообразен.

Отказ от централизации повысит надежность систем распределения и преобразования электроэнергии.

**Отказ от вращающихся электрических преобразователей.** Опыт эксплуатации ДЭПЛ показал низкую эффективность работы вращающихся машинных преобразователей. На номинальных параметрах их КПД составлял в зависимости от мощности и исполнения не более 75—85%, а при работе на частичных нагрузках (особенно на малых скоростях движения) мог снижаться до 45—60%.

Современные статические преобразователи (СП) имеют значительные преимущества перед электромеханическими, благодаря чему обеспечивается построение эффективных систем преобразования электроэнергии с учетом традиционных для ДЭПЛ ограничений по объему,

Таблица 2

Основные характеристики ЭЭС различных ДЭПЛ					
Номер проекта	Суммарная емкость АБ E, А·ч	Количество и мощность ДГ, кВт	Весовой процент, кВт/(А·ч)	Максимальный ток заряда I <sub>max</sub> , А	I <sub>max</sub> /E, 1/ч
209	48 000	4 × 405	0,0338	4315	8,98
212	16 000	1 × 940	0,0588	1100	6,88
206	Ок. 20 000	2 × 440	0,0440	2361	11,80

Таблица 3

Удельные характеристики АБ различных производителей

Фирма-производитель	Емкость		Энергия	
	А·ч/кг	А·ч/л	Вт·ч/кг	Вт·ч/л
АО «Балтэлектро» (Россия)	25,25	75,13	50,5	150,27
АО «Балтэлектро» (Россия)	26,25	78,11	52,5	156,22
Varta (Германия)	24,67	73,35	48,62	144,53
SBL (Индия)	25,00	72,69	49,25	143,21
CIL (Великобритания)	24,23	72,26	47,69	142,24

тепловыделениям и энергоемкости источников.

СП намного более эффективен по сравнению с электромашинным преобразователем и занимает до 50% меньше объема. Его КПД составляет не менее 90% и практически не изменяется в широком диапазоне изменения нагрузки. Уровни виброшумовых характеристик СП не достижимы на вращающихся преобразователях. СП не имеет вращающихся частей и, следовательно, характеризуется минимальным временем обслуживания и высоким значением вероятности безотказной работы. Отказ от вспомогательных сетей переменного тока и вращающихся преобразователей позволит снизить потребление электроэнергии на 10—15%.

**Использование высокоэкономичных электромеханизмов с регулируемой частотой вращения.** На ДЭПЛ в качестве привода вспомогательных механизмов ранее использовались нерегулируемые электродвигатели постоянного тока. Большим недостатком в работе указанного электропривода являлись колебания напряжения АБ, обусловленные эксплуатацией. По этой причине электродвигатели приходилось выбирать с большим запасом, и в основных режимах эксплуатации они оказывались недогруженными, работали с невысоким КПД. Более целесообразно использовать на ДЭПЛ электродвигатели с регулируемой частотой вращения. Регулируемый электропри-

вод особенно эффективен в составе системы вентиляции, где его использование позволяет изменять подачу вентиляторов в зависимости от режима эксплуатации ДЭПЛ, что приводит к снижению потребления электроэнергии вентиляторами в режиме экономического хода почти в восемь раз.

В качестве электропривода для механизмов, работающих в режиме экономического хода, должны использоваться электроприводы вентильного типа с постоянными магнитами или индукторного типа, которые обладают высоким КПД во всем диапазоне регулирования частоты вращения. Их КПД выше на 10—15% ранее применявшихся коллекторных электроприводов постоянного тока.

Использование асинхронных регулируемых электроприводов в связи с их низким КПД на парциальных режимах работы может быть обосновано либо нецелесообразностью разработки нового механизма, либо его кратковременной работой. Управление электроприводами должно осуществляется как дистанционно с центрального поста, так и с блока управления. Все необходимые органы управления и контроля следует встраивать в систему управления электропривода. Такая «интеллектуальная» система осуществляет автоматизированное управление электромеханизмом, а также обеспечивает «разгрузку» общекорабельной системы управления техни-

ческими средствами, повышая ее надежность и живучесть.

Регулируемый электропривод позволяет сэкономить до 15—20% электроэнергии от суммарной потребляемой мощности при движении ДЭПЛ на малых скоростях. Использование современных вентильных электроприводов обеспечивает надежную длительную безаварийную работу отдельных общекорабельных систем и устройств и ДЭПЛ в целом.

**Применение экономичных светильников.** Значительно снизить потребление электроэнергии от АБ и повысить эффективность работы ЭЭС ДЭПЛ можно в случае использования малогабаритных светильников с люминесцентными лампами, укомплектованных электронными пускорегулирующими аппаратами, рассчитанными на электропитание от основной сети постоянного тока (табл. 4).

Инвертор светильника встроен внутрь корпуса. Он преобразует постоянное изменяющееся напряжение основной силовой сети в импульсное напряжение до 70 В с высокой частотой. Ток лампы стабилизируется методом широтно-импульсного регулирования.

Из табл. 4 видно, что использование люминесцентных ламп более чем в семь раз эффективнее, чем ламп накаливания. Необходимо отметить отсутствие в этом случае дополнительного преобразующего оборудования. Кроме того, учитывая, что сеть освещения с такими светильниками получает питание непосредственно от АБ и имеет благодаря этому высокую надежность, допустимо отказаться на ДЭПЛ от специальной сети аварийного освещения.

**Увеличение напряжения в основной силовой сети.** Одно из современных направлений в силовой электротехнике — увеличение питающего напряжения. Для ДЭПЛ это весьма актуально. Повышение напряжения основной силовой сети значительно улучшает тактико-технические характеристики ДЭПЛ, позволяя увеличить длительность движения ДЭПЛ в режиме полного подводного хода. Это объясняется тем, что основным источником электроэнергии в подводном положении является АБ, а её энергоемкость существенно зависит от величины разрядного тока и с уменьшением токовой нагрузки

Таблица 4

Характеристики светильников различных типов

Параметры	Лампа накаливания	Лампа люминесцентная
Световой поток, лм	540	950
Потребляемая мощность, Вт	60/82*	20
Эффективность, лм/Вт	6,5*	47,5

\*С учетом стабилизирующего преобразователя.

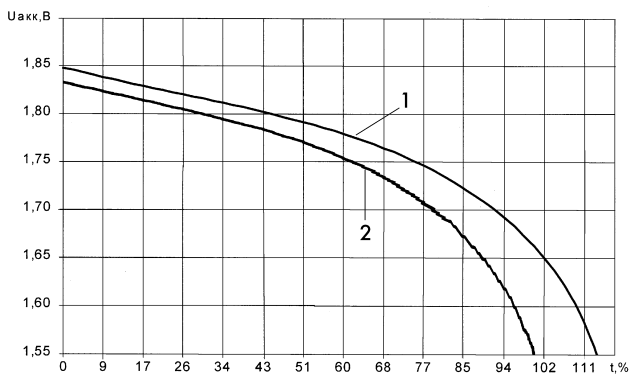


Рис. 1. Изменение времени разряда АБ при увеличении напряжения на 5%: 1 —  $U_{акк} = 214$  В; 2 —  $U_{акк} = 204$  В

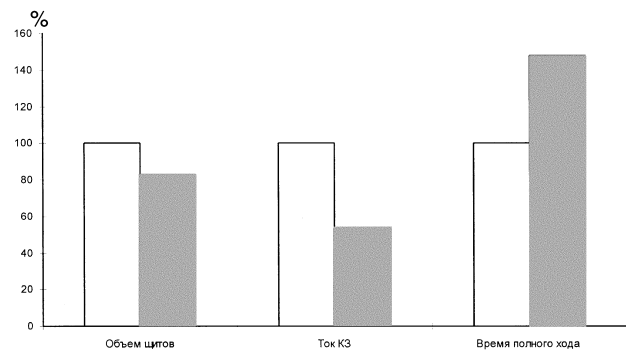


Рис. 2. Влияние повышения напряжения на показатели ЭЭС:

□ — стандартное напряжение; ■ — повышенное напряжение

энергоемкость увеличивается. Повысив напряжение на АБ в два раза, можно увеличить энергоемкость АБ в режиме полного хода почти на 50%, не изменяя при этом объемов АБ. Представленный на рис. 1 график подтверждает то, что с увеличением напряжения на 5% время движения ДЭПЛ в часовом режиме разряда увеличивается на 15%.

Повышение напряжения позволяет также снизить на 3—5% потери в кабельных трассах. Одновременно возможно снижение массогабаритных характеристик СЭД и ее тепловыделений, повышение КПД и исключение контакторов, обеспечивающих в настоящее время переключение групп АБ с параллельного соединения на последовательное и обратно.

Повышение напряжения в основной силовой сети за счет увеличения количества групп АБ, соединенных последовательно, обеспечивает снижение установившихся значений токов КЗ почти в два раза. Преимущества использования повышенного напряжения в основной силовой сети иллюстрирует рис. 2.

На основании анализа возможных направлений достижения максимальной эффективности можно рекомендовать следующие основные принципы построения ЭЭС:

1. Система электродвижения должна строиться на базе вентильных ГЭД с постоянными магнитами.

2. В переключках между бортами следует устанавливать быстродействующие выключатели нового типа.

3. Потребители электроэнергии должны получать электропитание от основной силовой сети постоянного тока.

4. При нахождении ДЭПЛ в море заряжать АБ необходимо только на ускоренных режимах.

5. Для преобразования электроэнергии должны использоваться только статические преобразователи.

6. В составе электромеханизмов необходимо применять только регулируемые электроприводы вентильного типа.

7. В сетях освещения следует устанавливать люминесцентные лампы с питанием непосредственно от основной силовой сети постоянного тока.

8. Напряжение в основной силовой сети должно быть до 600 В.

## О НЕКОТОРЫХ СИСТЕМАХ ИСКАЖЕНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ПОЛЯ КОРАБЛЯ

К. Я. Абдулов (ГУП ЦМКБ «Алмаз»)

УДК 621-83(1-81):629.5.035:629.585

Как известно, движущийся корабль можно рассматривать как физическое тело, присутствие которого в водном пространстве может быть зафиксировано по изменению состояния морской среды. И качественно, и количественно происходящие изменения обычно описываются с помощью понятия поля, определяющего структуру и величину этих изменений (или возмущений). Характер полей может быть весьма разнообразным. Это могут быть гидродинамическое, акустическое, магнитное, электромагнитное, гравитационное, тепловое и другие

поля, и большинство из них используется для построения замыкателей неконтактных мин.

Работы по изучению физических полей корабля и выработке мероприятий по их снижению начались на отечественном ВМФ еще в довоенный период, но особое внимание этому вопросу стало уделяться после 1955 г. Планом работ по защите кораблей от неконтактного минного оружия, основанного на использовании различных физических полей, утвержденным постановлением Совета Министров СССР, было предусмотрено выполнение 43 тем в течение 1958—1961 гг.

Цель данной статьи — довести до читателя краткую информацию о той работе, которая была проделана судостроителями в конце 50-х — начале 60-х годов в области снижения гидродинамического поля тральщиков, в частности, с помощью различного типа подводных крыльев и заглубленных дисков, буксируемых кораблем.

В общем понимании гидродинамическое поле корабля обусловлено тем, что движение корабля вызывает изменения скорости в различных точках окружающей его жидкости, сопровождающиеся перераспределением давлений. При этом в носовой и кормовой областях образуются зоны повышенного (по сравнению с гидростатическим) давления, а между ними заключается зона пониженного давления.

Идея использования подводных крыльев и заглубленных дисков осно-



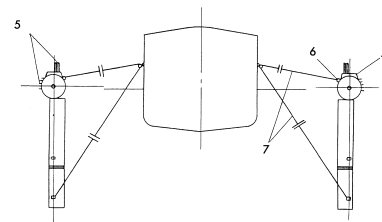
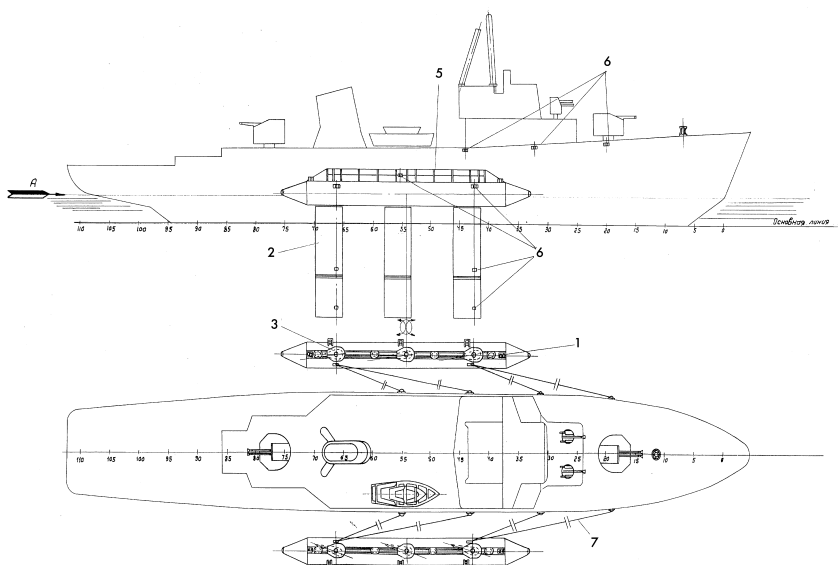


Рис. 1. Схема расположения системы вертикальных крыльев на тральщике:  
 1 — поплавок; 2 — крыло с баллером; 3 — поворотное устройство; 4 — площадка под поворотное устройство; 5 — леерное ограждение; 6 — детали буксирного устройства; 7 — буксирный трос

вана на создании под днищем корабля и по его траверзам гидродинамического поля, обратного по знаку полю, создаваемому самим кораблем. Рассмотрим некоторые системы подобной защиты корабля, прошедшие полный цикл разработки вплоть до натурных испытаний.

**Система вертикальных крыльев.** Принцип ее работы основан на том, что вертикальное крыло, движущееся под определенным углом атаки, создает гидродинамическое поле, которое может быть рассчитано по формуле ЦАГИ.

Это гидродинамическое поле будет отрицательным на нагнетающей поверхности крыла и положительным на засасывающей. В этом случае положительные давления уменьшают поле разрежений между кораблем и крыльями, а за крыльями увеличивают поле разрежений от корабля, т. е. в определенном диапазоне траверсных расстояний за крыльями будут возможны участки разрежений, достаточные для срабатывания гидродинамического замыкателя мины.

В 1953 г. конструкторы ЦКБ-363 (впоследствии Западное ПКБ, ныне вошедшее в ЦМКБ «Алмаз») на основании опытов и теоретических исследований, проведенных в филиале ЦАГИ после войны, разработали инициативный проект системы вертикальных крыльев применительно к тральщику пр. 254К. В 1954 г. решением Морской физической секции при прези-

диуме АН СССР этот проект был одобрен для разработки рабочих чертежей макета системы с некоторыми уточнениями по величине и времени действия поля разрежений для различных глубин моря.

Конструктивно макет представлял собой систему шести вертикальных крыльев, расположенных по три с каждого борта корабля на определенном расстоянии от него (рис. 1). Крылья поддерживались на плавучих понтонах, сквозь которые проходили баллеры. Конструкция баллера была принята неразъемной с крылом как более простая в изготовлении и надежно соединяющая крыло с понтоном.

У каждого баллера на понтонах располагались поворотные устройства, позволявшие изменять установленный угол атаки в пределах  $\pm 5^\circ$ .

Буксировка крыльев выполнялась при помощи гибких тросов, крепящихся к кораблю в двух точках. Рымы для крепления буксирных тросов предусматривались для двух вариантов расположения понтонов относительно миделя корабля: в районе миделя либо смещенные от миделя в нос корабля на 0,1 длины (в связи с некоторым смещением максимального разрежения в нос у корабля пр. 254К).

Основные характеристики макета системы, предьявленной на натурные испытания, были следующими: размах (длина) крыла 8 м; хорда крыла 2,5 м; профиль крыла —

NACA-0012; угол атаки  $12^\circ$ ; расстояние между крыльями 6 м; отстояние крыльев от ДП корабля 25—45 м (в зависимости от глубины моря). Длина понтона составляла 21, а диаметр — 1,9 м.

С целью испытаний макета системы крыльев меньшей длины, конструкция крыла была выполнена разъемной — из частей длиной 5 и 3 м, при этом 5-метровая часть крыла примыкала к понтону.

Натурные испытания тральщика пр. 254К с макетом системы вертикальных крыльев проводились в декабре 1957 г. — январе 1958 г. в бухте Хара-Лахт под Таллином.

Программой, разработанной ЦКБ-363 по согласованию с ныне I ЦНИИ МО РФ, ЦАГИ и ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова, предусматривались следующие этапы: ходовые испытания по отработке устойчивости хода макета системы, определение максимальной скорости хода, маневренных и мореходных качеств корабля с макетом, измерение придонного гидродинамического поля корабля, проверка эксплуатационных качеств макета (удобство постановки и уборки, поведение отдельных узлов системы на ходу корабля) и оценка влияния макета на магнитное и гидроакустическое поля корабля.

Испытания проводились междуведомственной комиссией в составе К. Я. Абдулова и В. Т. Масляя (ЦКБ-363), М. Г. Щегловой, Н. С. Червякова (ЦАГИ), Н. К. Зайцева (I ЦНИИ

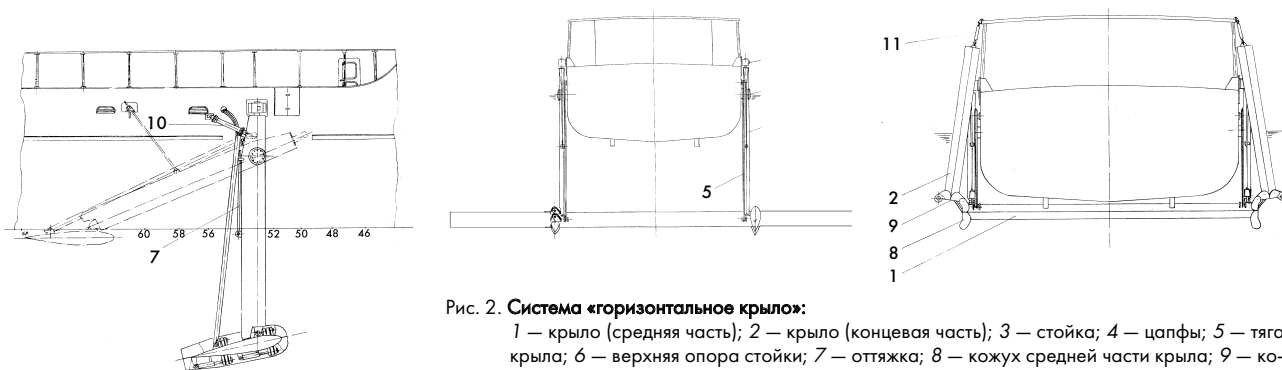


Рис. 2. Система «горизонтальное крыло»:

1 — крыло (средняя часть); 2 — крыло (концевая часть); 3 — стойка; 4 — цапфы; 5 — тяга крыла; 6 — верхняя опора стойки; 7 — оттяжка; 8 — кожух средней части крыла; 9 — кожух концевой части крыла; 10 — гидроцилиндр поворота стойки; 11 — крепление по-походному

МО), Г. Н. Иванова (ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова), Н. С. Вершовского (Техническое управление ВМФ) под руководством начальника штаба 94 КБТР 19 ДИОВР Н. Ф. Белова.

Результаты натурных испытаний макета подтвердили принципиальную возможность защиты корабля от гидродинамических мин с помощью вертикальных крыльев. Были также определены углы атаки крыльев, обеспечившие (в отличие от расчетных) устойчивость хода макета; установлено отсутствие влияния макета на магнитное и гидроакустические поля корабля; отмечены удовлетворительные маневренные качества и практическое отсутствие бортовой качки (при 3–4-балльном волнении) корабля с макетом.

Однако, как любое средство пассивной защиты кораблей, система вертикальных крыльев имела ряд существенных недостатков, главным из которых считалась требуемая большая мощность для их буксировки. Можно сказать, что для буксировки системы затрачивалась практически вся мощность энергетической установки, что исключало возможность буксировки тралов — основного вооружения корабля.

При использовании системы вертикальных крыльев скорость хода корабля зависела от частоты вращения главного двигателя (ГД):

Полнота вращения ГД, об/мин	Скорость хода тральщика пр. 254К (без макета/с макетом), уз
350	9,8/4,9
450	12,3/6,4
550	14,1/7,2
580	15,0/7,6

Вторым существенным недостатком системы являлись ее боль-

шие габариты и осадка, что не только ухудшало эксплуатационные качества, но и повышало опасность подрыва корабля на контактных якорных минах.

Учитывая достоинства и недостатки этой системы, вопрос ее практического применения был отложен до выполнения проектных проработок и исследований по другим типам защитных устройств корабля от гидродинамических мин.

**Система горизонтальных крыльев.** Эта система основывалась на применении одиночного горизонтального крыла, расположенного под днищем корабля и разрывающего зону разрежения при ходе корабля на два участка. При этом остаточное суммарное гидродинамическое поле корабля должно было удовлетворять условиям защиты на режиме траления (скорость хода ок. 8 уз).

Конструктивно система представляла собой складывающееся и подтягивающееся с помощью бортовых стоек к днищу корабля горизонтальное крыло (рис. 2).

Опускание крыла в нижнее (рабочее) положение и подтягивание его под днище корабля в исходное осуществлялись бортовыми гидроцилиндрами, вращающими вертикальные стойки вокруг бортовых опор.

Опускание и подъем концевых частей крыла выполнялись гидроприводами с ползунами и направляющими, расположенными на концах его средней части.

Фиксирование концевых частей крыла в рабочем положении производилось специальными гидравлическими стопорами (по два на каждом шарнире — правого и левого борта).

Управление гидросистемой осуществлялось манипуляторами, расположенными на стенках надстройки в районе 49–50 шп.

Основные размеры крыла, его профиль, угол атаки и заглубление под свободную поверхность были оговорены техническим заданием и составляли: длина 20, хорда 3 м, профиль NACA-0015, угол атаки 12°, заглубление 6 м.

Техническое задание на опытный образец системы «горизонтальное крыло» было разработано ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова с учетом натурных испытаний макета горизонтального крыла. Опытный образец системы применительно к тральщику пр. 245К изготовили в 1961–1963 гг. на Средне-Невском судостроительном заводе (СНСЗ), а испытания на тральщике «Контр-адмирал Хорошхин» проводились в период с сентября по ноябрь 1965 г. в бухте Хара-Лахт. Программой предусматривались ходовые испытания, замер физических полей тральщика с системой, мореходные испытания. В результате были сделаны следующие выводы. Опытный образец системы «горизонтальное крыло» удовлетворял требованиям защиты корабля от гидродинамических мин. Увеличение безопасной скорости хода корабля при глубине моря около 17 м составляло 2–2,5 уз. В тоже время конструкция системы значительно снижала скорость хода корабля: в рабочем положении — на 5,5, по-походному — на 2,8 уз, что исключало возможность буксировки тралов с требуемой скоростью (около 8 уз) при рабочем положении крыла.

Не изменяя магнитного поля, система увеличивала уровень ампли-

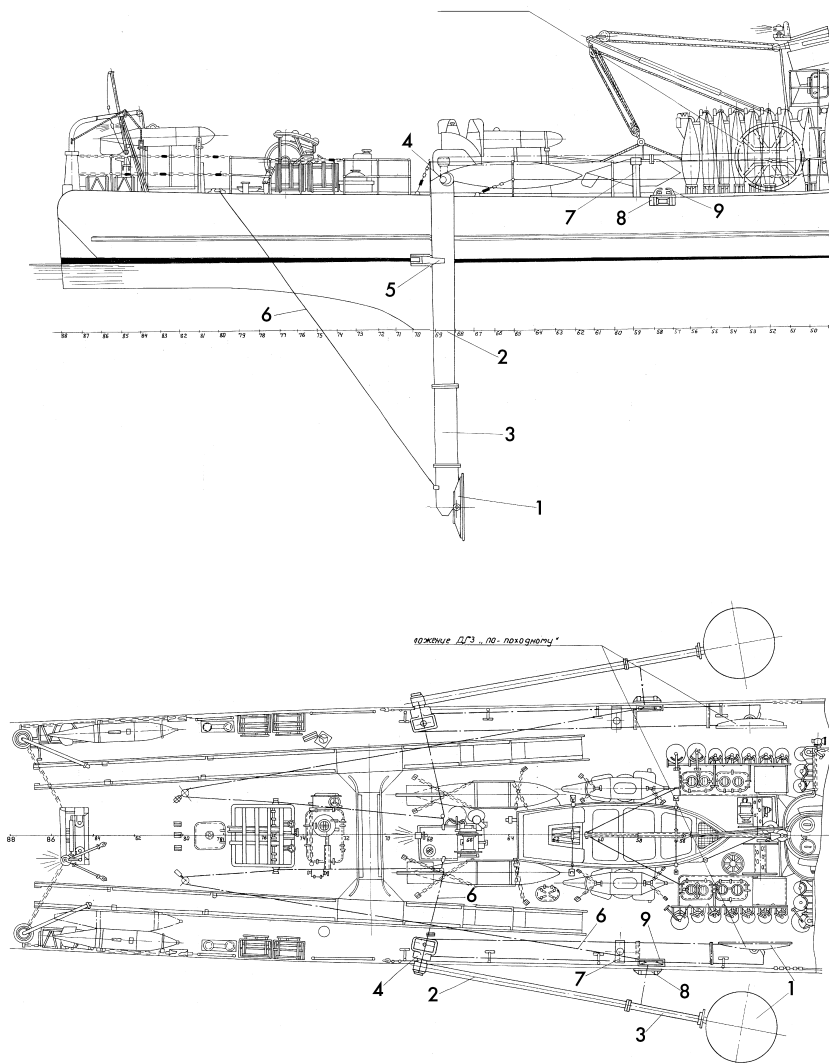


Рис. 3. Расположение системы заглубленных дисков на тральщике:  
 1 — диск; 2 — стойка; 3 — съемная часть стойки; 4 — палубная опора; 5 — бортовая опора; 6 — оттяжка; 7 — стандарт; 8 — бортовой роульс; 9 — киповая планка

тудных значений электромагнитного поля, а также подводный шум корабля, а некоторые мореходные качества, такие как качка, забрызгиваемость и заливаемость при ходе на волнении, несколько уменьшались, но в целом отмечалось, что с системой «горизонтальное крыло» эксплуатация корабля «представляет определенные трудности».

Так, в рабочем положении крыла габаритная осадка корабля увеличивалась до 6 м. В походном положении швартовка корабля лагом из-за значительной длины крыла (20 м) становилась невозможной. Живучесть и надежность отдельных узлов признавалась низкой (что подтвердилось на испытаниях — вышли из строя гидроцилиндры подъема и опуска-

ния закрылка правого борта, тяги правого борта). Во всех случаях ремонт системы требовал докования корабля.

**Система заглубленных дисков.** Эта система (в дальнейшем — устройство) для защиты корабля от гидродинамических мин основывалась, как и действие ранее описанных крыльев, на принципе искажения отрицательного поля давлений корабля полем повышенного давления от системы дисков.

Технический проект устройства был разработан ЦКБ-363 в 1959 г. в соответствии с техническим заданием I ЦНИИ МО. Опытный образец устройства изготовили на СНСЗ, установили на тральщике пр. 265К и предъявили на испытания в сентябре

1961 г., которые затянулись до сентября 1963 г.

Конструктивно устройство представляло собой два заглубленных диска на стойках обтекаемой формы. В походном положении устройство закреплялось на палубе. Стойки располагались в горизонтальном положении по бортам корабля и удерживались палубной опорой, стандерсом и походным креплением.

В рабочем положении стойки с дисками опускались и удерживались палубной и бортовой опорами, тросовой оттяжкой, диски фиксировались на глубине 6 или 4 м от ватерлинии (рис. 3).

Устройство предусматривало возможность использования дисков диаметром 1,0; 1,4; 1,7 м. Стойки имели профиль НАСА длиной 8 м с хордой 0,55 м и состояли из трех разъемных частей — верхней, средней и нижней. При заглублении дисков на 4 м от поверхности воды средняя часть стойки демонтировалась.

Изменение угла атаки дисков осуществлялось при помощи червячной передачи и валика, который проходил внутри стойки.

Натурные испытания подтвердили возможность увеличения безопасной скорости корабля на 1,5—2 уз, однако реализация такого рода устройства на практике оказалась нецелесообразной из-за его большого сопротивления и значительной габаритной осадки.

Как следует из описания приведенных выше систем (устройств) искажения гидродинамического поля корабля, все они по своей физической сущности требовали большой мощности для буксировки и имели значительные габариты, что предопределило нецелесообразность их практического применения. То же можно сказать и о других системах, основанных на принципе искажения гидродинамического поля (вращающиеся цилиндры и пр.).

Защита кораблей от гидродинамических мин на практике обычно осуществляется снижением скорости до безопасной, что для противоминных кораблей, оборудованных в настоящее время в основном винтами регулируемого шага и установками малого хода, не представляет трудностей.

## РАДИАЦИОННЫЙ РИСК И СТРАХОВАНИЕ АТОМНЫХ СУДОВ<sup>1</sup>

(В порядке обсуждения)

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

УДК 621.039.58:629.5

В нашей стране, начиная с 70-х годов, создана транспортная система, в состав которой входят атомные ледоколы типов «Арктика» и «Таймыр», ледокольный лихтеровоз-контейнеровоз «Севморпуть», а также плавтехбазы для перевозки и хранения отходов атомного флота, для перезарядки реакторов, ремонтные предприятия.

Основные технические итоги использования отечественного гражданского атомного флота Мурманским морским пароходством (ММП), в том числе ледокола «Ленин» после модернизации его атомной паропроизводящей установки (ППУ), представленные в табл. 1, заключаются в том, что в результате 30 лет эксплуатации упомянутых судов и суммарной наработки всех 15 ППУ типа ОК-900, составившей на 1999 г. примерно 960 тыс. реакторо-часов, ни на одном из находившихся в строю судов не произошло существенных аварий, связанных с их атомными энергетическими установками (АЭУ)<sup>2</sup>. Радиационная обстановка на судах всегда оставалась нормальной, в пределах регламентированных уровней, за которые не выходили и максимальные индивидуальные нагрузки на персонал атомно-механической службы и службы радиационной безопасности. За границами контролируемых зон атомных судов радиоактивных загрязнений не было. Следовательно, статистические данные подтверждают, что АЭУ отечественного гражданского флота обладают высокой надежностью, ядерной и радиационной безопасностью. Характерно, в частности, что для ледокола «Арктика» намечено добиться срока службы 30 лет.

Как показывают проработки, объектами рационального применения АЭУ судового типа являются не только линейные ледоколы, но и в перспективе плавучие атомные теплоэлектростанции (ПАТЭС), проектирование которых (на базе хорошо освоенного основного оборудования атомных ледоколов) ведется для Крайнего Севера, а в последующем, возможно, будет осуществляться и в экспорте-ном исполнении.

Характерное для настоящего времени общее повышение требований к безопас-

ности стационарной и судовой атомной энергетики ставит на повестку дня вопрос о количественной оценке компенсации возможного ущерба за случаи, если специфичная для АЭУ авария, связанная с распространением радиоактивности, все же произойдет. При этом возникает задача определения индивидуального и коллективного риска для людей, обслуживающих АЭУ, а также риска отрицательного влияния радиации на окружающую среду. Индивидуальный радиационный риск — это вероятность того, что у человека в результате облучения возникнет какой-либо конкретный вредный эффект, приводящий к тяжелому заболеванию или смерти (в частности, это может быть вероятность гибели члена экипажа в результате переоблучения на атомном судне за 1 год службы). Оценки риска исходят из статистики. Частота событий связана с размером ущерба. Если известно, что в регионе с населением 1 млн чел. за 10 лет от поражения молнией погибает 1 чел., то риск смертельного исхода составит  $10^{-7}$  случаев за 1 год.

В табл. 2 в качестве примеров представлены статистические данные о риске смерти, из которых исходит Международная комиссия по радиационной защите (МКРЗ) [1]. Нормативный документ [2] требует определения индивидуального радиационного риска как одного из критериев безопасности АЭУ. Если этот риск не превысит  $5 \cdot 10^{-4}$ , что соответствует уровню профессионального травматизма, то такой ожидаемый результат эксплуатации объекта с АЭУ можно считать социально приемлемым. Таким образом, обсуждаемый риск не должен быть больше реального уровня, характерного для других сложных технических систем с учетом экстремальных техногенных и природных воздействий.

Предел индивидуального пожизненного риска в условиях нормальной эксплуатации для техногенного облучения персонала в течение года равен  $10^{-3}$ , для населения —  $5 \cdot 10^{-5}$ , уровень пренебрежимого риска —  $10^{-6}$ . (Перечни методических рекомендаций по оценке радиационного риска, включая сведения о программах для ЭВМ, приве-

<sup>1</sup>Общие для всей атомной энергетики вопросы безопасности при хранении и переработке радиоактивных отходов в статье не рассматриваются.

<sup>2</sup>В 1963 г. на ледоколе «Ленин» до модернизации ППУ был случай нарушения герметичности реактора.

Эксплуатационные показатели отечественных судов с АЭУ  
(по данным годовых отчетов ММП)

Таблица 1

Показатель	«Ле-нин»	«Арктика»	«Советский Союз»	«Ямал»	«Таймыр»	«Вайгач»	«Северморпуть»
Ввод в эксплуатацию	Декабрь 1959 г.	Апрель 1975 г.	Декабрь 1989 г.	Октябрь 1991 г.	Июль 1989 г.	Июль 1990 г.	Декабрь 1988 г.
Срок службы на декабрь 1999 г., лет	30	24	10	7	10	9	11
Вывод из эксплуатации	Ноябрь 1989 г.	2003 г.	2005 г.	2007 г.	2004 г.	2006 г.	2004 г.
Наработка с начала эксплуатации ППУ № 1/№ 2, тыс. ч	$\frac{106,7}{108,4}$	$\frac{139}{139,4}$	$\frac{61,6}{61}$	$\frac{40}{39,4}$	70,1	62,6	68,3
Энерговыработка ППУ № 1/№ 2, МВт·ч $\times 10^6$	$\frac{7,2}{7,3}$	$\frac{9,21}{8,4}$	$\frac{4,13}{4,07}$	$\frac{2,24}{2,91}$	5,61	5,47	3,75
Средняя мощность ППУ, % от номинала	39	37	39	38	47	51	44
Количество срабатываний АЗ плановых/неплановых	—	44/36	10/22	9/9	15/11	27	46
Количество перезарядок реакторов № 1/№ 2	5/6	5/4	1/1	—/1	2	2	1
Средняя индивидуальная доза облучения экипажа за год*, бэр (100 бэр = 1 Зв)	<0,5	0,1	0,148**	0,12	0,043	0,057	0,15**

\* Для персонала при нормальной эксплуатации дозовые пределы — 20 мЗв/год (2 бэр/год) за любые 5 лет, но не более 50 мЗв/год (5 бэр/год).

\*\* Максимальная индивидуальная доза.

дены, например, в работе [3]). Коммерческий риск — вероятность убытков после выявленной техническим анализом возможной схемы развития аварии.

Юридические аспекты применения АЭУ отражены как в российских законах («Об использовании атомной энергии», «О радиационной безопасности населения»), так и в документах МАГАТЭ.

Международная система компенсации за ядерный ущерб основана на Парижской конвенции 1960 г., Венской конвенции 1963 г. и совместном протоколе, соединяющем эти две конвенции (сентябрь 1988 г.). Цель документов — обеспечить пострадавшим от радиационной аварии быструю, эффективную и достаточную компенсацию, а также защитить атомную энергетику от неопределенностей в рамках международного права. Ответственность за ущерб в каждом отдельном инциденте возлагается на одно юридическое лицо — оператора (т. е. на эксплуатирующую организацию). Даже если вина за ущерб лежит на поставщике оборудования, судеб-

ный иск предъявляется оператору соответствующей установки, причем сторона, предъявившая иск, должна доказать причинную связь между аварией и ущербом. Однако оператор имеет право на регрессный иск, если это предусмотрено договором.

Существенно, что в упомянутых конвенциях отсутствует общая система взглядов, четко определяющих концепцию и последовательность действий для выявления ядерного ущерба. В этой связи на рисунке представлена структурная схема, которая может способствовать комплексному подходу к анализу последствий аварий атомного судна или ПАТЭС, связанных с внешними и внутренними воздействиями, а также с возмещением убытков.

К упомянутым документам о возмещении ущерба присоединились уже несколько десятков государств, признающих в определении финансовой ответственности компетенцию суда той из договаривающихся сторон, на территории которой произошел инцидент. Из членов СНГ свою гражданскую ответственность за воз-

можный ядерный ущерб гарантируют Российская Федерация, Беларусь и Украина, подписавшие Венскую конвенцию.

Россия, как страна с хорошо развитой атомной энергетикой, намеревается создать свой страховой фонд для ядерных объектов (кроме военных), образуемый за счет отчислений от доходов отечественных стационарных атомных электростанций (АЭС).

Специальное законодательство, регулирующее возмещение вреда, причиненного радиационным воздействием, а также соответствующее страхование ответственности эксплуатирующих организаций в РФ до недавнего времени отсутствовало. Однако в 1996 г. Россия подписала уже упомянутую Венскую конвенцию 1963 г. о гражданско-правовой ответственности за ядерный ущерб, а в 1997 г. Государственной Думой был подготовлен и рассмотрен проект федерального закона «О возмещении ядерного ущерба и ядерном страховании». Здесь максимальный предел ответственности эксплуатирующей организации за причинение ядерного вреда на одну радиационную аварию установлен в размере, эквивалентном 150 млн дол., а срок исковой давности со дня аварии — 10 лет (на требования пострадавших граждан исковая давность не распространяется).

Если для образования такого фонда ежегодная тарифная ставка будет принята, например, с запасом 1% (в мировой практике — до 0,5% за ущерб из-за ядерного инцидента)<sup>1</sup>, то страховой взнос составит 1,5 млн дол., или около 45 млн дол. на все реакторы разных классов в составе АЭС РФ. Соответствующее увеличение стоимости вырабатываемой ими за 1 год электроэнергии (120 млрд кВт·ч) составит 0,04 цент/кВт·ч, или примерно на 1% от средних мировых цен. Наблюдательным советом Российского ядерного страхового пула, образованного 27 ноября 1997 г., для исследователей реакторов, критических стенов (по каждому объекту), для страхования операций по транспортировке отработавшего ядерного топлива рекомендована базовая тарифная ставка от 0,5% относительно уровня ответственности.

<sup>1</sup> См. закон об атомной энергии США (закон Прайса—Андерсона), закон Швейцарии о гражданской ответственности в области ядерной энергии, закон Японии о компенсации за ядерный ущерб, закон Канады о гражданско-правовой ответственности за ядерный ущерб.

В проекте закона «О гражданско-правовой ответственности за причинение ядерного вреда и ее финансовом обеспечении» указано, что правительство РФ, учитывая тип, состав, мощность и другие технические параметры атомных установок, а также их количество в эксплуатирующей организации, может для последней снизить предел ответственности за причинение ядерного вреда, но не ниже предела, эквивалентного 5 млн дол. Естественно, что основной для упомянутого снижения предела ответственности будет тем больше, чем более обоснованы проектантом (путем вероятностного и детерминистского анализа) высокие показатели ядерной и радиационной безопасности, а также от того, какова достоверность определения ожидаемого ущерба.

В проекте закона отмечается, что, если ядерный вред причинен вследствие действия «непреодолимой силы», военных действий, умысла потерпевшего, то эксплуатирующая организация за него не отвечает. Последние могут создавать общества взаимного страхования, а страховщики (например, Атомное страховое агентство, Московская акционерная страховая компания и другие) — страховые пулы.

Возмещение ядерного вреда, превышающего установленный предел ответственности эксплуатирующей организации, будет осуществляться государством из создаваемого для исключительных случаев страхового фонда. За трансграничный ядерный вред финансовое обеспечение производится на условиях упомянутых выше международных соглашений, участником которых является РФ.

Проект федерального закона «О возмещении ядерного ущерба и ядерном страховании» также составлен с учетом законодательной практики государств, ведущих в области атомной энергетики (США, ФРГ), и основан на сходных принципах. Например, в США сверх страхового покрытия ядерного ущерба оператором установки (если такое финансовое возмещение окажется недостаточным) законом Прайса—Андерсона (1957 г.) устанавливается дополнительный предел ответственности государства — не более

Таблица 2

Усредненные данные для оценки риска гибели (на одного человека за год)	
Фактор	Вероятность гибели, 1/год
Поражение молнией	$10^{-7}$
Опасности «бытового» характера	$10^{-6}$
Действия природных стихийных явлений (землетрясения, наводнения, ураганы и т. д.)	$10^{-5}$
Загрязнение воздуха выбросами ТЭС	$2 \cdot 10^{-5}$
Профессиональные травмы	$5 \cdot 10^{-4*}$
Дорожные аварии	$10^{-4}$
Курение	$10^{-3}$
Профессиональное облучение	$10^{-3**}$
Облучение населения	$10^{-4**}$
Различные заболевания и старение	$10^{-2}$

\* Социально приемлемый риск.  
\*\* Предельное значение индивидуального риска.

500 млн дол. Также и по закону ФРГ об атомной энергии (1959 г.) ущерб свыше определенного объема (500 млн нем. марок) не возмещается, а в случае смертельного исхода возмещение не превышает 15 тыс. нем. марок. Для сравнения: по отечественным оценкам стоимость средней «статистической» жизни в ценах 1990 г. составляла 63,5 тыс. руб. [4]<sup>1</sup>.

Таким образом, везде соблюдается принцип ограниченности предела компенсационных выплат за ущерб, вызванный аварией атомной установки.

Пока федеральный закон еще не введен в действие, Минатом РФ использует «Временное положение о ядерном страховании», подготовленное при участии Московской акционерной страховой компании [5]. Владелец обязан застраховать свою ответственность за возможный ущерб в фонде, образуемом эксплуатируемыми организациями. Без страхового полиса Госатомнадзор РФ не выдает лицензии на эксплуатацию судовой АЭУ.

Как известно, при заключении договора страхования судна страхователь сообщает сведения о судне страховщику, причем последний имеет право требовать его осмотра [6]. Сообщаются также ожидаемые условия эксплуатации, данные о линиях,

на которых будет работать судно (внутренние, международные), об обеспеченности ледовых проводок (при их необходимости), об интенсивности грузопотока и количестве судов и т. д.

По правилам Института лондонских страховщиков договоры страхования судов (как любого другого имущества) в мировой практике заключаются на случаи только гибели или в наиболее общем виде «с ответственностью за гибель и повреждение», однако убытки, связанные с воздействием радиации (радиоактивного заражения) не возмещаются [6]. Утрата, гибель или повреждение грузов компенсируются, например, на основе «Правил транспортного страхования» [7].

Страховая сумма и страховая премия определяются соглашением сторон (считаются коммерческой тайной (особенно в связи с конкуренцией между страховыми обществами)). В частности, средние ставки страховых платежей составляли в период постройки порядка 0,2% за 1 год от стоимости судна ледового плавания (дедвейт 20 000 т) и около 0,3% за 1 год эксплуатации. По мере увеличения водоизмещения судов ставки премии уменьшаются, а в соответствии с возрастом судна за страхование только от гибели достигают 0,5—0,6% за 1 год от страховой суммы. При страховании судна и за гибель, и за повреждение ставки обычно в несколько раз больше, так как на компенсацию, связанные с устранением повреждений, страховые общества затрачивают примерно в 2—3 раза больше средств, чем на возмещение убытков от гибели судов. Поэтому часто судовладельцы, экономя на страховании, предпочитают устранять повреждения за свой счет.

Естественно, ставки изменяются в зависимости от ситуации на рынке и зависят от статистики убыточности страховой компании и многих других факторов.

Существуют и другие виды страхования:

страхование жизни и здоровья экипажа при исполнении им служебных обязанностей в соответствии с действующим Кодексом торгового мореплавания (входит в обязанности судовладельца, который

<sup>1</sup> На конец 90-х годов зарубежные данные о компенсации ущерба здоровью застрахованных людей позволяют считать ценой за «статистическую» жизнь 3 млн дол.

выбирает условия по согласованию с профсоюзом или с каждым членом экипажа по трудовому контракту);

страхование ответственности владельца в случае загрязнения судном окружающей среды, а также при повреждении имущества, при причинении вреда здоровью лицам, отличным от экипажа, например, населению (см. ст. 316 КТМ РФ [11]).

Для отечественного судна, эксплуатирующегося на внутренних линиях по трассе Северного морского пути, обязательно требуется гарантия возмещения убытков на случай загрязнения среды, например, нефтью, в виде страхового полиса, причем годовая ставка страховой премии составляет 1—3% от предела ответственности.

В отношении ответственности за радиоактивное загрязнение Международной конференцией по морскому праву (1962 г.) принята конвенция, рекомендовавшая для атомных судов размеры компенсации в пределах 100 млн дол. [8], что в настоящее время составляет около 250 млн дол. (Для сравнения: каждый запуск ракетополетителя «Протон» с космодрома Байконур страхуется на 300 млн дол. — страховая ставка до 20%).

Для страхования судов уже имеются предварительный опыт оформления двусторонних соглашений и международная законодательная база. Например, в периоды плаваний атомных судов — сухогруза «Саванна» (США) и рудовоза «Отто Ган» (ФРГ), посетивших в общей сложности более сотни иностранных портов, государства-судовладельцы сообщали о своих гарантиях возможных убытков потенциально пострадавшим (соответственно до 500 млн дол. и 400 млн нем. марок за один инцидент). Характерно, что и после передачи «Саванны» в эксплуатацию частной фирме правительство США подтвердило этот гарантированный предел возмещения убытков. Пока единичные атомные суда принадлежат исключительно государствам, финансовые гарантии ядерной и радиационной безопасности будут обеспечиваться путем самострахования, т. е. в основном из государственных резервных фондов. Для гораздо более многочисленных стационарных наземных АЭС дополнением к законам предусмотрена возможность накопления страхового

Таблица 3

Распределение причин серьезных повреждений обычных судов		
Причина повреждений	Повреждения, %	Убытки, %
Пожары и взрывы	30	56
Столкновения и навалы	28	20
Посадки на мель	24	16
Погодные условия	8	1
Поломки машин	6	2
Прочие	4	5
Итого	100	100

фонда за счет незначительного увеличения стоимости отпускаемой энергии.

По ответственности за ущерб, причиненный атомным судном, коммерческое страхование (т. е. с оговоренным верхним пределом выплат за страховой случай) должно осуществляться после анализа охарактеризованных в нормативных документах [2] критериев безопасности АЭУ, в том числе радиационных рисков при авариях. В каждом конкретном случае (после подсчета убытков и признания их судом) при компенсации ущерба из-за радиоактивного загрязнения, вызванного аварией на атомном судне, в РФ может в будущем использоваться подготовленная законодательная база, устанавливающая для эксплуатирующей организации пределы ответственности в денежном выражении.

На основании исследований ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова применительно к перспективной ПАТЭС разработана последовательность решения задач, связанных с оценкой возможного вреда от аварий. С учетом факторов, определяющих безопасность плавэнергоблока (ПЭБ) в составе ПАТЭС мощностью 2 x 34 МВт, страхование ПЭБ в соответствии с положениями Правил [6], по-видимому, целесообразно выполнять раздельно: на один рейс (перегоны с завода-строителя до места эксплуатации или обратно на заводской ремонт, когда риск повреждений, связанных с внешними воздействиями, наибольший, а реакторы заглушены); на основной период эксплуатации, когда ПЭБ находится в безопасном порту (бухте) под прикрытием волнолома, а реакторы и другое оборудование функционируют, в частности, по мере не-

обходимости осуществляется перезарядка ядерным топливом.

Обычно аварийные внутренние воздействия на АЭУ при ее разработке и по статистическим данным подробно анализирует проектант реакторов. Как показал опыт эксплуатации судовых АЭУ (см. табл. 1), используемое отечественное оборудование в основном обладает высоким ресурсом. Но это, конечно, не уменьшает важности одной из задач проектанта объекта в целом (например, ПАТЭС) — за счет применения определенных технических решений смягчить последствия возможных экстремальных ситуаций при внешних воздействиях на объект.

Рекомендуемая для анализа безопасности номенклатура проектных аварий (как внутренних, так и внешних, связанных с аварией судна) приведена в разделе 15.1 нормативного документа [9].

Перечень исходных событий, обусловленных внешними воздействиями, в результате которых на протяжении жизненного цикла объекта возможны аварии ПАТЭС или входящего в ее состав ПЭБ, должен включать: пожары, взрывы, диверсии на станции и на соседних объектах; навигационные происшествия (столкновения, навалы, посадки на мель); погодные условия (в том числе экстремальные ветровые и волновые нагрузки, нагон воды); падение на станцию летательных аппаратов (нахождение которых по сообщениям министерств транспорта и обороны РФ возможно вблизи ПАТЭС).

Представленный перечень исходных событий охватывает основные обычно учитываемые при страховании судов факторы. Это подтверждается табл. 3, составленной по многолетним данным Ливерпульской ассоциации страховщиков и бывшего Министерства морского флота. Исходя из этих данных, судовладелец сам решает, какие последствия опасностей из перечисленных выше представляются для него наибольшей угрозой и должны быть застрахованы. Некоторые повреждения судовладельцу выгоднее устранять за свой счет. В частности, вряд ли возможно оценить вероятность диверсий, хотя технические мероприятия по защите от них проектанты предусматривают.

Что касается возникновения других опасных ситуаций, вызванных внешними воздействиями, то,

как видно из табл. 4, падение на ПЭБ летательных аппаратов, во-первых, маловероятно, а во-вторых, даже если обслуживающий станцию вертолет типа Ка-32 (масса 12 т, скорость 40 м/с) или отклонившийся от маршрута самолет типа Ан-24 (22 т, 55 м/с) упадут на реакторный отсек, то повреждения оборудования, расположенного внутри защитных оболочек, не произойдет. Следовательно, радиационная обстановка не ухудшится, и такие события, конечно, не следует относить к страховым случаям в части компенсации ущерба от загрязнения среды обитания.

Более опасен удар судна или сверхзвукового самолета в район реакторного отсека ПЭБ, хранилищ отработанного топлива, цистерны с жидкими радиоактивными отходами. Последние через пробоины могут попасть в акваторию и загрязнить ее, причем мощность дозы гамма-излучения на берегу останется на уровне естественного фона.

Падение на реакторный отсек самолета типа МиГ-29 (20 т, 200 м/с) приведет к аварии с разгерметизацией I контура, однако в центральном посту управления, удаленном от реакторного отсека на 30 м, доза гамма-облучения через 24 ч не превысит, судя по оценкам, предельно допустимой за год, а на расстоянии более 500 м дополнительные меры по защите населения не потребуются. При падении истребителя в район отсека, где находится отработанное топливо, в окружающую среду могут попасть радионуклиды. Соответствующее ухудшение радиационной обстановки вынудит ограничить время пребывания персонала в центральном посту управления, а затем должны быть эвакуированы и персонал, и население. Радиоактивное загрязнение бухты будет сохраняться длительное время.

Однако ожидаемая вероятность описанных инцидентов с истребителем составляет порядка  $10^{-9}$  за год. Если за год граничная частота опасного исходного события не выше  $10^{-6}$  на реактор, то и вероятность аварии, вызванной этим событием, не станет большей. Подобное «запредельное» событие при последующем анализе безопасности и подготовке предложений по страхованию ответственности за загрязнение среды практически можно исключить.

Вероятность некоторых аварий на плавэнергоблоке АЭС		
Номенклатура событий	Вероятность исходных событий, 1/год	Радиационная обстановка
<b>ПЭБ работает на мощности до номинальной включительно</b>		
Падение вертолета типа Ка-32: на реакторный отсек на турбогенераторный отсек	$16 \cdot 10^{-8}$ $4 \cdot 10^{-8}$ $5 \cdot 10^{-8}$	Не ухудшится
Падение самолета типа Ан-24: на реакторный отсек на турбогенераторный отсек	$1 \cdot 10^{-8}$ $0,3 \cdot 10^{-8}$ $0,3 \cdot 10^{-8}$	Не ухудшится
Падение самолета типа МиГ-29 на реакторный отсек	$1 \cdot 10^{-9}$	На расстояниях более 500 м от ПЭБ не требуется дополнительных мер защиты людей
Пожар: в реакторном отсеке в турбогенераторном отсеке	$1,7 \cdot 10^{-2}$ $2,2 \cdot 10^{-4}$ $3,7 \cdot 10^{-3}$	Не ухудшится при заглушении реакторов и введении средств пожаротушения
<b>Буксировка ПЭБ (реакторы заглушены и расколочены)</b>		
Столкновение с другим судном (удар под прямым углом в борт): в район реакторного отсека в район хранилищ отработанного топлива	$5 \cdot 10^{-5}$ $1 \cdot 10^{-7}$ $0,7 \cdot 10^{-7}$	Не ухудшится при скорости таранящего судна менее 6 уз, при большей скорости — разгерметизация хранилищ и образование радиоактивного пятна
Посадка на мель	$3 \cdot 10^{-4}$	Не ухудшится при оперативном (за одни сутки) снятии мели
Затопление (запроектная авария) на глубине 200 м	$< 10^{-8}$	Радиоактивное загрязнение морского дна (площадь 1 км <sup>2</sup> ) на полгода

Расчетами для ПЭБ показано, что не только при падении вертолета или гражданского самолета в район защитной оболочки, но и при воздушном внешнем взрыве или взрыве заряда массой до 300 кг на наружной обшивке днища, взрывном разрушении газовых баллонов ППУ штатные конструкции судна обеспечат защиту помещений АЭУ от разгерметизации [10].

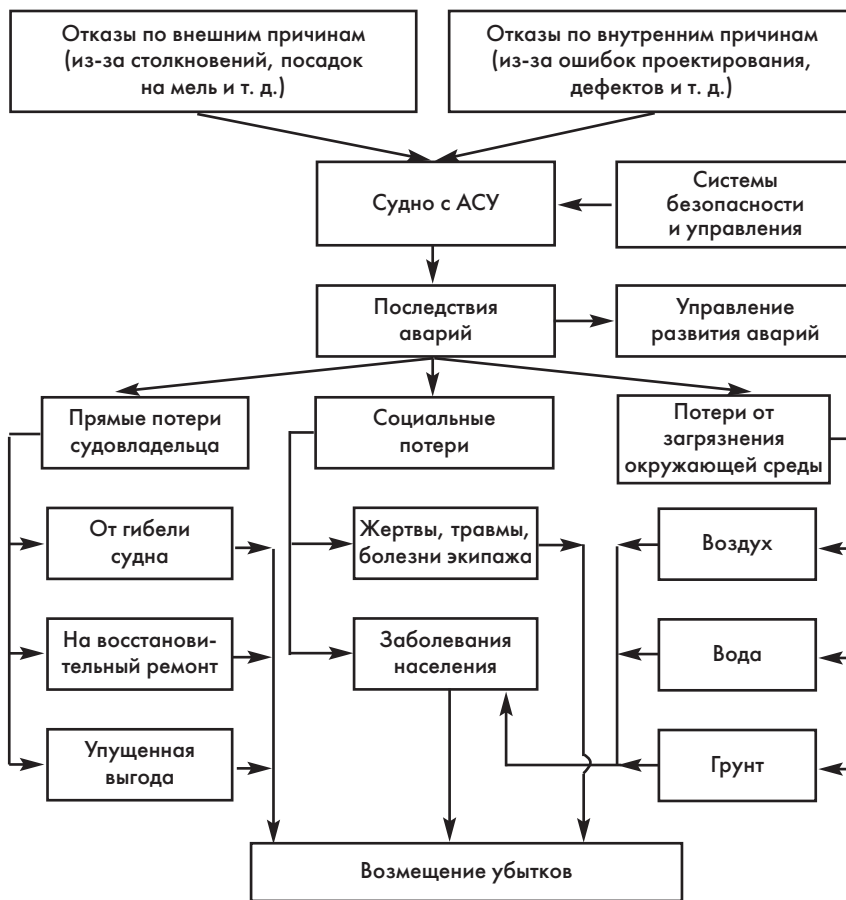
Исходная вероятность события может быть и сравнительно большой (например,  $3,7 \cdot 10^{-3}$  для пожара в турбогенераторном отсеке ПЭБ). Сопоставление данных, представленных в табл. 3 и 4, свидетельствует о том, что и для рассматриваемого объекта пожары наиболее опасны, особенно если они не могут быть быстро потушены, а распространяются, вызывая последующие множественные отказы оборудования. В то же время, как показывают аналитические исследования проектов конкретных судовых АЭУ, с учетом своевременного ввода в действие резервированных и скомпанованных по кольцевым схемам средств пожаротушения, систем локализации, целенаправленных действий персонала и срабатывания систем безопасности установок, вероятность радиационно опасных последствий аварий оказывается на несколько порядков ниже, чем вероятность исход-

ного события. Однако традиционное для судов страхование ПЭБ на случай пожара является, по нашему мнению, обязательным.

Затопление ПЭБ во время его работы (при обеспеченных параметрах непотопляемости) считается практически невозможным, но даже если допустить такую аварию, то ПЭБ при стоянке на мелководье под защитой волнолома погрузится примерно по верхнюю палубу и ляжет на грунт, а аварийные дизель-генераторы сохранят возможность функционирования и обеспечат расхолаживание реакторов.

Затопление буксируемого ПЭБ на глубокой воде, например, вызванное большой пробоиной, полученной в результате встречного скользкого удара судном при скоростях более 6 уз, сопровождается медленным заполнением защитной оболочки ППУ заборной водой и закрытием соответствующих клапанов после выравнивания давлений. Исследованиями отмечено, что при ударе о грунт на глубинах до 200 м, характерных для трассы Севморпути, защитные оболочки не повреждаются, существенной экологической опасности не возникнет. Однако на этапе буксировки (после таранного удара) не исключено повреждение хранилищ отработанного топлива и





Общая структурная схема последствий аварий атомного судна, связанных с внешними и внутренними воздействиями

цистерн радиоактивных отходов. Тогда в море попадут радиоактивные компоненты, которые сформируют пятно загрязнения, площадь которого в зависимости от глубины составит порядка  $1 \text{ км}^2$ , т. е. будет сравнительно невелика. Естественно, на ремонт или утилизацию ПЭБ предпочтительнее направлять после разгрузки хранилищ на месте эксплуатации с помощью плавтехбаз.

Таким образом, исследования показали, что вероятность внешних экстремальных воздействий на ПЭБ обычно пренебрежимо мала (за исключением опасности пожаров), а при внедрении предусмотренных проектантом защитных мероприятий и своевременных действиях хорошо подготовленного персонала состояние радиационной обстановки после аварий существенно не ухудшится.

**Выводы.** 1. В настоящее время имеются убедительные предпосылки создания ПАТЭС, атомных ледоколов нового поколения, характеризующихся максимальной безопа-

сностью, на базе судовых АЭУ, надежная безаварийная эксплуатация которых доказана в течение более чем тридцати лет — за 960 тыс. реакторо-часов

2. Сопоставление признанных Международной комиссией по радиационной защите статистических данных об индивидуальном риске гибели от различных факторов и ожидаемой исходной вероятности наиболее тяжелых аварий на ПАТЭС показывает, что последние примерно на три порядка меньше и, как правило, не ведут к негативным экологическим последствиям.

3. Если индивидуальный радиационный риск профессионального облучения для персонала ниже или хотя бы на уровне данных МКРЗ о профессиональном травматизме в сложных технических системах ( $5 \cdot 10^{-4} \text{ 1/год}$ ), то такой показатель для АЭС, в том числе плавучих, по-видимому, можно считать социально приемлемым, а строительство ПАТЭС оправданным в связи с их технико-экономическими и экологическими преимуществами.

4. В промышленно развитых странах сформулированы законодательные основы компенсации за ядерный ущерб, в РФ подготовлен проект соответствующего закона, образованы общества для ядерного страхования.

5. Страхование атомных судов в отношении компенсации возможного ущерба от обычных «морских рисков» может происходить на тех же принципах, как и судов с традиционными энергетическими установками (годовая ставка платежа порядка 1—2% страховой суммы). Специфика атомных судов при этом учитывается, поскольку государства, под флагами которых плавают атомные суда, обеспечивают самострахование и гарантируют по каждому инциденту компенсацию соответствующего ущерба в законодательно установленных пределах ответственности.

При более широком, чем в настоящее время, использовании атомных судов мировым флотом возможно обеспечение ответственности за загрязнение с помощью страховых обществ (годовая ставка порядка 1—3% от предела ответственности).

#### Литература

1. Радиационная безопасность. Рекомендации МКРЗ 1990 г. Публикация № 60 МКРЗ Ч. I, II/Пер. с англ. М.: Энергоатомиздат, 1994.
2. Общие положения обеспечения ядерной и радиационной безопасности корабельных ЯЭУ (федеральный нормативный документ ОПБ-К-98). М., 1998.
3. Беляев С. Т., Демин В. Ф., Осмачкин В. С. Авария на Чернобыльской АЭС. Критический анализ последствий и защитных мероприятий // Атомная энергия. 1997. Т. 83. Вып. 6 (декабрь).
4. Кархов А. Н., Максименко Б. П. Экономические принципы приемлемого риска // Вопросы экономики. 1992. № 1.
5. Яковлев Ю. Страхование — это ресурс общества // МОСТ (журнал для промышленников). 1999. № 8(28).
6. Правила страхования судов. Российское акционерное общество «Газпром». ОАО «Страховое общество газовой промышленности» («СОГАЗ»), 1993.
7. Правила транспортного страхования грузов. «СОГАЗ», 1998.
8. Иойрыш А. И. Правовые проблемы использования атомной энергии. М.: Наука, 1979.
9. Требования к отчету по обоснованию безопасности судов с ЯЭУ (нормативный документ ТООБ-С—99). М., 1999.
10. Влияние корпусных конструкций на обеспечение конструктивной защищенности помещений судовых АЭУ от воздействия высокоинтенсивных аварийных динамических нагрузок / А. В. Агафонов, А. И. Дульнев, В. В. Хохлаков, А. П. Калинин // Вторая международная конференция по судостроению. JSC-98. Труды. Секция С. СПб., 1998.
11. Федоров В. П. Экономические проблемы страхования на морском флоте. М.: Транспорт, 1981.

## ПРОГРАММНАЯ СИНХРОНИЗАЦИЯ СУДОВЫХ ЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРОВ

Б. П. Кузнецов, канд. техн. наук (НПО «Аврора»)

УДК 621.313.322.018.51:629.5

В современных судовых электроэнергетических установках (ЭЭУ) используются несколько электрогенераторов, в ряде случаев включаемых в режим параллельной работы, который, в свою очередь, требует сложной и ответственной операции — синхронизации [1]. Синхронизация выполняется как для уже работающего на нагрузку (основного) источника (электрогенератора), так и подключаемого после синхронизации к той же нагрузке. Суть процесса синхронизации состоит в том, чтобы выбрать момент включения генераторного автомата подключаемого источника, когда выполняется полное согласование по фазам обоих источников.

При включении судовых электрогенераторов на параллельную работу, существуют следующие условия синхронизации: равенство напряжений обоих источников — с допустимой разницей не более 10%; равенство частот — с допустимой разницей не более 0,6 Гц при частоте сети 50 Гц; равенство начальных углов сдвига фаз напряжений [1].

Возможна точная, грубая и самосинхронизация. В современных ЭЭУ используется точная синхронизация по заданному времени опережения (время между выдачей команды на включение генераторного автомата и моментом включения этого автомата.)

Точная синхронизация с постоянным временем опережения может быть выполнена обработкой сигнала напряжения биений или определением момента равенства разности фаз напряжений основного и подключаемого источников с заранее вычисленным значением [2]. В данной статье рассматривается второй метод.

Современные системы управления судовыми техническими средствами разрабатываются на покупной элементной базе агрегатированных средств вычислительной техники. При этом разработчик вынужден считаться с недостатками отдельных элементов указанных средств. В частности, используемый в системах управления ЭЭУ ряд модулей аналого-цифрового преобразования (АЦП) по своим характеристикам не всегда позволяет применить известные алгоритмы программной синхронизации [2—4]. Кроме того, все функции управления, измерения и синхронизации с целью снижения себестоимости и повышения уровня унификации си-

стемы управления должны быть реализованы на одном и том же процессоре. Все это потребовало разработки нового подхода к программной синхронизации судовых электрогенераторов.

Рассмотрим реализацию точной синхронизации с постоянным временем опережения, базирующуюся на обработке непосредственно кривых напряжения основного и подключаемого источников, получаемых с АЦП, не имеющих встроенных генераторов-таймеров (рис. 1).

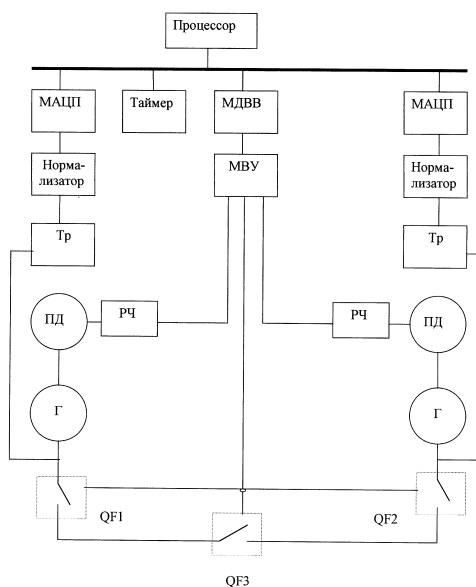


Рис. 1. Структурная схема системы синхронизации: АЦП — модуль аналого-цифрового преобразователя, МДВВ — модуль дискретного ввода-вывода; МВУ — модуль выходных усилителей; Тр — трансформатор, ПД — первичный двигатель; РЧ — регулятор частоты вращения двигателя; Г — электрогенератор; QF — автоматический выключатель

Объект управления состоит из двух агрегатов — электрогенераторов, работающих от первичных двигателей, снабженных регуляторами частоты вращения, а также от трех автоматических выключателей, из которых при синхронизации управляется лишь один. Напряжение каждого генератора через трансформатор (Тр) поступает на вход нормализатора, обеспечивающего гальваническую развязку и понижение напряжения до уровня, контролируемого модулем АЦП, а также фильтрацию низкой частоты (начиная с десятой гармоники).

Вычислительная часть представлена процессором, к шине внешних устройств которого подключены два модуля АЦП, модуль дискретного ввода—вывода (МДВВ) и таймер. Вход каждого АЦП соединен с выходом соответствующего нормализатора. Для управления подгонкой частоты [2] и управлением автоматическими выключателями выходы МДВВ связаны с выходными усилителями модуля выходных усилителей.

Процесс синхронизации может начаться в момент поступления в процессор извне команды на включение автомата, например QF1, при замкнутых автоматах QF2 и QF3. При этом таймер настраивается на выдачу сигналов прерывания через один и тот же промежуток времени, называемый интервалом дискретизации [5]. Далее по каждому сигналу прерывания выдается команда на запуск процесса считывания сначала АЦП, обрабатывающего сигнал от основного источника, затем АЦП, обрабатывающего сигнал от подключаемого источника. После этого ожидается результат преобразования первого АЦП и считывается очередная точка синусоиды напряжения основного источника. Затем аналогично ожидается и считывается результат со второго АЦП. Таким образом обеспечивается псевдопараллельное (практически одновременное, с разницей в несколько микросекунд) считывание информации по двум каналам АЦП (рис. 2).

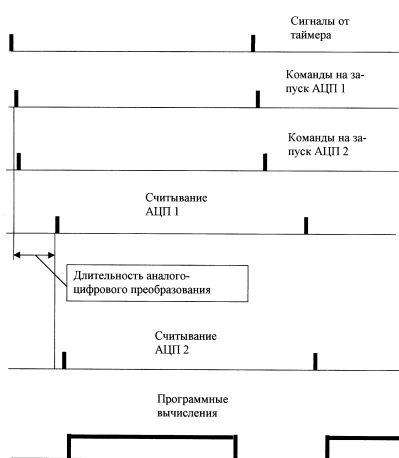


Рис. 2. Диаграмма опроса АЦП

В промежутках между указанными процессами прерываний выполняются описываемые далее вычисления

по программе синхронизации, в ходе которой выдаются команды на подгонку частоты подключаемого источника. В заключение процесса синхронизации выдается команда на включение автомата QF1.

Значение частоты дискретизации АЦП играет решающую роль в определении алгоритмов вычисления частоты исследуемого синусоидального сигнала и фазового сдвига между двумя синусоидами (напряжения основного и подключаемого источников).

Введем некоторые понятия применительно к программной синхронизации источников электроэнергии. Дискретная последовательность отсчетов синусоидального напряжения приведена на рис. 3. Зафиксированной точкой перехода через ноль назовем такую точку отсчета с номером  $k$  на временной оси, слева от которой размещается точка, выборка  $U_{k-1}$  измеренного параметра в кото-

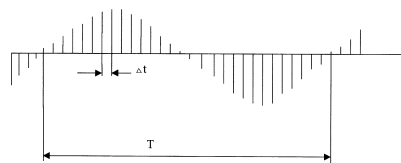


Рис. 3. Квантованный синусоидальный сигнал

рой противоположна по знаку выборке  $U_k$ .

Переход через ноль будем считать положительным, если выборка  $U_k \geq 0$ , и отрицательным в противном случае.

Высокой частотой дискретизации назовем такую частоту опроса АЦП, при которой интервал дискретизации  $\Delta t$  (см. рис. 3) не превышает заданную погрешность измерения периода синусоидального сигнала. При высокой частоте дискретизации период  $T$  этого сигнала вычисляется элементарно:  $T = N\Delta t$ , где  $N$  — число интервалов дискретизации  $\Delta t$  между двумя ближайшими зафиксированными точками перехода через ноль с одинаковым знаком перехода.

Определим наименьшее значение высокой частоты дискретизации синусоидального сигнала напряжения сети 50 Гц, исходя из того, что погрешность  $\Delta f$  вычисления частоты не превосходит заданной величины 0,05 Гц, обеспечивающей указанную в техническом задании точность представления частоты оператору.

То есть  $|f_r - f_i| \leq 0,05$ , где  $f_r$  — реальная частота сигнала,  $f_i$  — вычисленная частота сигнала.

Полагая, что  $f_r = 50,0$  Гц;  $f_i = 1/(T_r + \Delta t)$ ;  $T_r = 1/f_r = 0,020$  с, можно записать  $f_r - f_i = 50,0 - 1/(0,020 + \Delta t) = 0,05$ . Решив последнее уравнение, получим значение интервала дискретизации  $\Delta t = 20$  мкс. Это соответствует частоте дискретизации  $F_{\text{ацп}} = 50$  кГц, т. е. 1000 точек отсчета за период измеряемого синусоидального сигнала [2]. Частоту дискретизации больше 50 кГц будем называть высокой, а меньшие значения — низкими. Период и, соответственно, частота синусоидального сигнала при высокой частоте дискретизации определяются, как указано выше. Однако не все АЦП позволяют работать с такой высокой частотой дискретизации. Поэтому рассмотрим метод вычисления частоты измеряемого сигнала при низкой частоте дискретизации.

Низкая частота дискретизации не позволяет вычислять частоту описанным выше методом из-за высокой погрешности, тем большей, чем ниже частота дискретизации. В этом случае лучше использовать точное вычисление расчетных точек перехода синусоидального сигнала через ноль.

Диаграмма отсчетов синусоидального сигнала при низкой частоте дискретизации приведена на рис. 4. Области перехода синусоиды через

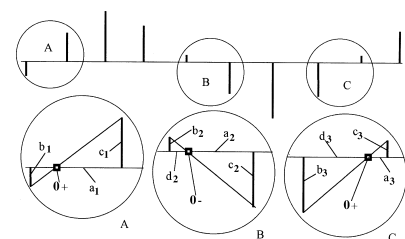


Рис. 4. Области переходов через ноль при низкой частоте дискретизации

ноль (А, В, С) обведены кружками и показаны также укрупненно.

Рассмотрим область А. Полагая, с целью упрощения, что реальный синусоидальный сигнал в интервале между отсчетами  $b_1$  и  $c_1$  практически совпадает с прямой, соединяющей их вершины. Точку перехода через ноль такой прямой обозначим «0+» (положительный переход через ноль напряжения исто-

чика). Аналогично можно получить точку в областях С и В, однако в области В точку отрицательного перехода через ноль обозначим «0-».

Рассчитаем временной интервал  $a_1$  и  $a_3$  от точки расчетного перехода через ноль до зафиксированной точки перехода через ноль в областях А и С соответственно (см. рис. 4):

$$a_1 = \Delta t |c_1| / (|c_1| + |b_1|); \quad (1)$$

$$a_3 = \Delta t |c_3| / (|c_3| + |b_3|). \quad (2)$$

Дополнительно, для интервала  $d_3$  в области С от точки отсчета, предшествующей зафиксированной точке перехода через ноль, до расчетной точки перехода через ноль можно записать

$$d_3 = \Delta t - a_3. \quad (3)$$

С учетом (1) и (3) период  $T$  сигнала запишем в виде

$$T = a_1 + d_3 + \Delta t N_3, \quad (4)$$

где  $N_3$  — число целых интервалов дискретизации между первой точкой (область А) положительного перехода через ноль и точкой отсчета, предшествующей второй точке (область С) положительного перехода через ноль.

Частота  $F$  измеряемого сигнала обратно пропорциональна периоду  $T$ . В некоторых случаях программа синхронизации может вычислять значение частоты по половине периода. Для этого можно воспользоваться формулой  $F = 1/(2 \times T_2)$ , где  $T_2$  вычисляется по выражению

$$T_2 = a_1 + d_2 + \Delta t N_2;$$

$$d_2 = \Delta t - a_2; \quad (5)$$

$$a_2 = \Delta t |c_2| / (|c_2| + |b_2|),$$

где  $N_2$  — число целых интервалов  $\Delta t$  между областями А и В (см. рис. 4).

Вычисление разности фаз напряжений основного и подключаемого источников реализуется путем вычисления временного интервала между расчетными точками однонаправленного перехода через ноль кривых двух указанных напряжений (рис. 5).

На временной оси интервалы дискретизации  $\Delta t$  разделены штриха-

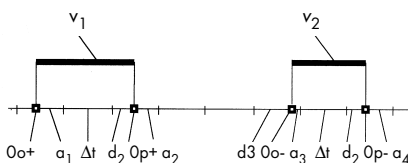


Рис. 5. Диаграмма переходов через ноль двух напряжений

ми и указаны расчетные точки положительных и отрицательного переходов через ноль основного 0o+ и 0o- и подключаемого 0p+ и 0p- источников. Разность фаз  $v$  вычисляется как временной интервал между соседними однонаправленными переходами через ноль:  $v = t_{0p+} - t_{0o+}$  или  $v = t_{0p-} - t_{0o-}$ , где  $t_{0o}$  и  $t_{0p}$  — соответствующее время с момента начала измерений в секундах.

Разность фаз положительных  $v_1$  и отрицательных  $v_2$  переходов через ноль вычисляется по формулам

$$v_1 = a_1 + d_2 + \Delta t M_1,$$

$$v_2 = a_3 + d_4 + \Delta t M_2,$$

где  $M_1$  — число целых интервалов дискретизации между точками 0o+ и 0p+;  $M_2$  — то же между точками 0o- и 0p-;  $a_1, d_2, a_3, d_4$  вычисляются идентично по формулам (1) и (3), соответственно.

Время  $Q$  опережения (применительно к судовым системам управления ЭЭУ) обычно задается в миллисекундах, причем величиной, кратной десяти, и может быть записано в виде

$$Q = n T / 2 \pm q, \quad (6)$$

где  $T = 20$  мс — период синусоиды напряжения источника;  $n = 5...30$  — коэффициент (в зависимости от типа источника электроэнергии);  $q$  — погрешность времени опережения (10–25 мс).

Заключительная часть процесса синхронизации приведена на рис. 6, где показаны расчетные точки перехода через ноль основного и подключаемого источников. Самая правая точка соответствует полному совпадению по фазе обоих источников.

Период синусоидальных сигналов близок к 20 мс, поэтому за 10 мс до точки совпадения разность фаз  $v$  составит:  $\Delta v = (T_o - T_p)/2$ . Полагая, что разность частот двух источников не меняется на заключительном этапе синхронизации, получим: за

20 мс до точки совпадения разность фаз составит величину  $v = 2\Delta v$ , за 30 мс —  $v = 3\Delta v$ , за 40 мс —  $v = 4\Delta v$  и т. д.

В момент, когда разность фаз напряжений двух источников достигнет  $v = n \Delta v$  [из выражения (6)  $n = 2Q/T$ ], наступает время опережения, и выдается команда на включение автоматического выключателя.

Процесс синхронизации в предлагаемом варианте состоит из трех этапов: подгонка частоты подключаемого источника; измерение разности фаз с перерывами на другие вычисления; ожидание формирования команды на включение автоматического выключателя.

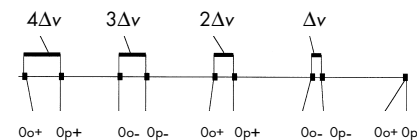


Рис. 6. Диаграмма заключительного этапа синхронизации

На первом этапе необходимо, чтобы частота подключаемого источника оказалась на 0,1–0,6 Гц выше частоты основного источника [2]. При этом периодически каждый из двух АЦП считывает соответствующее напряжение до тех пор, пока не пройдет три полупериода. Затем вычисляется частота  $F_o$  основного и  $F_p$  подключаемого источников и при  $F_p - F_o \leq 0,2$  Гц или при  $F_p - F_o \geq 0,6$  Гц выдается соответствующая команда на регулятор частоты, причем реализуются управляющие сигналы непрерывного или импульсного вида [2]. Для исключения возможных выбросов измеряемой частоты применяется сглаживание по формуле

$$F = (F_0 + F_1 + \dots + F_i + \dots + F_S) / (S + 1),$$

где  $F_0$  — результат по последнему измерению;  $F_i (i = 1, \dots, S)$  — результат измерения  $i$ -го предшествующего шага;  $S$  — число учитываемых шагов измерений.

С помощью этого выражения вычисляются частоты обоих источников и на последующих этапах синхронизации.

Кроме того, как на первом, так и на последующих этапах выполняется контроль разности напряжений двух источников по среднему за по-

лупериод напряжению без учета знака. При разности напряжений двух источников, превышающей 10%, команда на включение автоматического выключателя не формируется.

Второй этап — измерение разности фаз с перерывами — заключается в том, что оба АЦП опрашиваются в течение двух полупериодов и вычисляются значения частоты сигналов, разности напряжений и разности фаз. Вслед за этими вычислениями процесс синхронизации временно прерывается для реализации других задач, например, контроля потребляемой мощности для работающего источника, а затем вновь возобновляется.

Вычисляемая посредством временных интервалов разность фаз периодически линейно возрастает и убывает. На данном этапе процесса синхронизации используются следующие его состояния: а) исходное; б) стадия возрастания разности фаз; в) достижение максимума разности фаз; г) достижение времени опережения в 500 мс. Исходное состояние процесса не требует пояснений. Достижение времени опережения в 500 мс осуществляется в ходе уменьшения разности фаз, начиная от максимального значения. С этого момента начинается третий этап процесса синхронизации — ожидание формирования команды на включение автоматического выключателя.

Особенность третьего этапа заключается в непрерывности процесса считывания данных с двух АЦП без отвлечения на другие вычисления, не связанные с синхронизацией. Все вычисления выполняются посредством распределения во времени алгоритма, описание которого выходит за рамки настоящей статьи.

Окончание процесса происходит в тот момент, когда вычисленная

разность фаз удовлетворит условию включения автоматического выключателя. Поскольку вычисление времени опережения выполняется каждые 10 мс, то погрешность времени опережения составляет такую же величину.

Оценим точность измерения временных интервалов, определяемых расчетными точками перехода через ноль. Основная погрешность таких измерений связана с несопадением реального синусоидального сигнала с прямой, проходящей через две точки отсчета и пересекающей временную ось в расчетной точке перехода через ноль. Будем считать погрешность по критерию наибольшего отклонения указанной прямой от синусоиды в направлении временной оси [ 6 ].

Определим константу  $C = \pi T/2$ , где  $T = 20$  мс — период синусоидального сигнала. Обозначим интервал дискретизации, определяемый таймером, как  $l \geq 100$  мкс. Рассмотрим два отсчета на одном интервале дискретизации. Будем полагать, что первая точка отсчета совпадает с точкой перехода через ноль синусоидального сигнала, а вторая точка отсчета, следующая через  $l$  мкс, имеет значение  $S = \sin(C/l) + P$ , где  $P$  — погрешность, обусловленная разрядностью АЦП. Обозначим  $L$  — ординату произвольной точки прямой, соединяющей указанные точки отсчета, причем  $L = S j/l$ , где  $j = 1, \dots, l-1$ , мкс. Тогда величина  $A = j - \arcsin(L)/C$  показывает отклонение синусоиды от прямой в микросекундах. Решением оптимизационной задачи — найти такое значение  $j$ , при котором значение  $A$  максимально, — и определяется искомая погрешность  $D$  измерения временных интервалов:  $D =$

$\max(A(j))/T$ . Данная задача решалась на ЭВМ, и для различных  $l$  получены следующие значения  $D$ :

$l$ , мкс	$D$ , %	$l$ , мкс	$D$ , %
100	0,00003	1000	0,03
200	0,0002	1400	0,09
500	0,004	1500	0,11

Исходя из заданной погрешности по частоте, из этой таблицы получаем наибольшее значение интервала  $l$  дискретизации.

Новизна предложенного способа синхронизации заключается в том, что используется вычисление расчетных точек перехода через ноль и, как следствие, вычисление значений частоты и разности фаз с точностью, превосходящей известные способы [2, 3].

Описанный подход реализован при частоте дискретизации 800 мкс и проверен с использованием штатной аппаратуры системы управления и программно-аппаратной модели ЭЭУ.

**Литература**

1. Константинов В. Н. Синхронизация судовых синхронных генераторов. Теория и методы расчета. Л.: Судостроение, 1978.
2. Константинов В. Н. Системы и устройства автоматизации судовых электроэнергетических установок. Л.: Судостроение, 1988.
3. Константинов В. Н., Сидоров В. А. Синхронизация генераторов с помощью ЦВМ//Судостроение. 1984. № 1.
4. Губанов Ю. А., Константинов В. Н. Область применения средств вычислительной техники в системах управления судовыми электроэнергетическими системами//Судостроительная промышленность. Сер. Автоматика и телемеханика. 1987. Вып. 5.
5. Куприянов М. С., Матюшкин Б. Д. Цифровая обработка сигналов: процессоры, алгоритмы, средства проектирования. СПб.: Политехника, 1998.
6. Темников Ф. Е., Афонин В. А., Дмитриев В. И. Теоретические основы информационной техники. М.: Энергия, 1971.

**Подписка на журнал «СУДОСТРОЕНИЕ»**

Подписка на журнал «Судостроение» в России и СНГ может быть оформлена в почтовых отделениях. Журнал включен в каталог «Газеты, журналы» агентства «Роспечать». Его индекс — 70890.

Журналы также можно заказать непосредственно в редакции (в том числе прошлые выпуски), прислав копию платежного поручения или почтового перевода.

Стоимость одного номера в 2000 г. без учета почтовых расходов 50 руб., в 2001 г. — 70 руб. Всего выпускается 6 номеров в год. РЕКВИЗИТЫ ДЛЯ ОПЛАТЫ:

Получатель — ЦНИИТС (198095, Санкт-Петербург, ул. Промышленная, дом 7 — для журнала «Судостроение». Банк: филиал Банка Внешней Торговли в Санкт-Петербурге (190000, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, д. 29), БИК 044030733, к/с 30101810200000000733, р/с рублевый 40502810500000000024. ИНН 7805028153. Код ОКОНХ 95120. Код ОКПО 07502259.

FOREIGN SUBSCRIPTIONS are accomplished at ZAO «MK-Periodika»: Russia, 117049, Moscow, ul. Bolchaya Jakimanka, 39. Tel.: (095) 238-49-67. Fax: (095) 238-46-34. E-mail: info@mkniga.msk.su

## ИСПЫТАНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ СУДНА ПО ЗАДАННОЙ ТРАЕКТОРИИ

Г. Э. Острецов, канд. техн. наук, Л. М. Клячко, канд. техн. наук,  
Г. М. Довгоброд, Э. В. Дюжев (ЦНИИ «Курс»)

УДК 681.51:629.5.072.1

В настоящее время в России и в США созданы спутниковые навигационные системы (СНС) второго поколения «Глонасс» и GPS, одобренные Международной морской организацией ИМО. Их использование открывает новые возможности в создании систем автоматического управления движением судна. Например, можно осуществлять управление по путевому углу, а не по курсовому и при этом парировать параллельное боковое смещение, т. е. удерживать судно на заданной траектории движения.

В ЦНИИ «Курс» разработан и испытан в июне 1999 г. на теплоходе «Яков Свердлов» макетный образец системы автоматического управления движением судна с использованием данных СНС. Испытанная система обеспечивает увеличение точности движения по заданной траектории, позволяет многократно в течение рейса уточнять параметры математической модели движения судна, что способствует повышению качества адаптивного управления, диагностики и контроля исправности основных узлов системы.

В состав системы (рис. 1) входят:

блок измерения и индикации с приемником СНС типа «Волонтер», датчиком угловой скорости судна (ДУС), датчиком угла перекалки руля и индикаторным устройством;

блок оценки, идентификации и диагностики, включающий в себя микроконтроллер, электронную модель движения судна, устройство оценки, идентификации и диагностики исправности блоков системы;

блок управления (с заданием программы автоматического движения по определенному маршруту и режима управления, а также выбором различных законов управления и возможности расширения объема решаемых задач путем введения дополнительных подпрограмм);

блок управления рулевым приводом с исполнительным механизмом (для задания ему команд) и измерителем угла перекалки руля (для формирования законов управления движением судна).

На блок-схеме макетного образца системы, приведенной на рис. 1, приняты следующие обозначения:  $\varphi_{пу}$ ,  $\dot{\varphi}_{пу}$ ,  $\varphi_{пуз}$  — путевой угол (ПУ), его оценка и заданное значение;

$\omega$ ,  $\dot{\omega}$ ,  $\omega_3$  — измеренная угловая скорость судна, ее оценка и заданное значение;  $y$ ,  $\hat{y}$  — измеренное боковое смещение судна и оценка;  $\delta$ ,  $\delta_3$  — измеренное значение угла перекалки руля и заданное значение;  $\dot{\delta}_3$  — заданная угловая скорость перекалки руля;  $V$  — измеренная абсолютная скорость хода судна;  $\Delta\varphi_{пу} = \varphi_{пу} - \varphi_{пуз}$  — ошибка путевого угла.

Разработанная система имеет следующие отличия от серийно выпускаемых:

основным источником информации является не датчик курса, а измеритель путевого угла (приемник СНС), что позволяет исключить боковое смещение и обеспечить стабилизацию судна не только на заданном курсе, но и на заданной траектории;

для оценки фазовых координат движения судна применяется полная математическая модель движения судна и, что особенно важно, ее параметры можно уточнять в течение рейса;

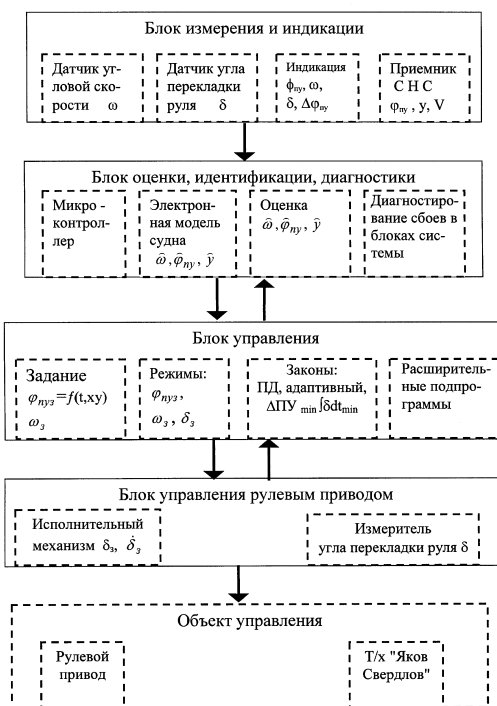


Рис. 1. Система автоматического управления движением судна

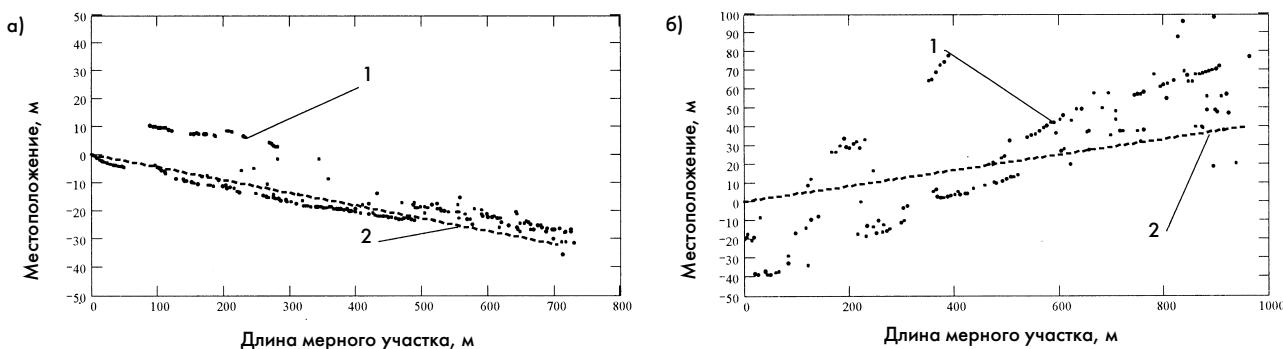


Рис. 2. Результаты измерения положения автомобиля, движущегося со скоростью 5 м/с (а) и 7,5 м/с (б):

1 — измеренное положение; 2 — действительное движение

высокие динамические качества системы достигаются благодаря введению в систему ДУС;

высокое качество восстановленных параметров состояния судна достигается благодаря наличию полностью наблюдаемой системы;

возможно автоматизированное управление судном по введенному (заданному) в электронную карту маршруту;

измеряется, а следовательно, может компенсироваться боковое смещение судна, параллельное траектории движения;

измеряется абсолютная скорость хода судна;

повышена безопасность судовождения благодаря диагностированию основных узлов системы управления и выдачи информации о сбое судоводителю; диагностирование базируется на наличии избыточных измерителей и полной математической модели движения судна;

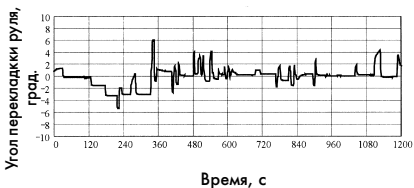


Рис. 3. Угол перекладки руля

наличие микроконтроллера (вычислителя) позволяет использовать весьма сложные законы управления (адаптивные, с развитой логикой), оценивать фазовые координаты объекта, восстанавливать параметры движения судна, уточнять коэффициенты математической модели движения судна в процессе рейса.

Все перечисленные отличия придают системе новые качественные показатели без какого-либо снижения надежности работы, даже на

обороте, существенно увеличивают ее живучесть.

Предлагаемая система позволяет при незначительном изменении программного обеспечения выбирать любое целесообразное управление: простейшее, адаптивное, с перестройкой коэффициентов регулирования, логическое, с минимизацией амплитуды рыскания, с минимизацией загрузки рулевого привода и сопротивлением движению судна; с использованием методов фазовой плоскости или «размытых множеств»; с выдачей рекомендаций судоводителю по оптимальному варианту расхождения со встречными судами. Обеспечивается также обучение и контроль профессиональной подготовки судоводителей на тренажерном блоке.

Цель ходовых испытаний системы в судовых условиях заключалась в оценке целесообразности и эффективности использования приемника СНС совместно с ДУС в качестве основного источника информации для системы управления движением судна, проверке качества работы блока оценки и идентификации, а также качества управления и точности стабилизации судна на заданном направлении.

Для определения эффективности работы приемник СНС «Волонтер» был установлен на автомобиль, перемещавшийся прямолинейно на участке длиной 700 м. Средняя квадратическая погрешность измерения путевого угла при скорости движения 5 м/с составила 2,77°, а при 7,5 м/с — 3,74° (рис. 2). Измерения проводились в центре города при «затенении» антенны приемника СНС зданиями.

Точность измерения путевого угла на открытом пространстве — во время рейса теплохода «Яков Сверд-

лов» по Волге — была значительно выше. Из анализа записей параметров движения судна следует, что максимальные отклонения путевого угла не превышают 0,19° при скорости судна 6,15 м/с и отклонениях руля вблизи нуля.

Для проверки качества работы блока оценки первоначально была проведена идентификация коэффициентов математической модели движения судна по заданному направлению с помощью метода наименьших квадратов. Математическая модель движения судна принималась в виде

$$\dot{\omega} = r_{31} V_x \omega + q_{31} V_x \beta + s_{31} V_x^2 \delta;$$

$$\dot{\beta} = r_{21} \omega + q_{21} \beta + s_{21} V_x \delta;$$

где  $\beta$  — угол дрейфа.

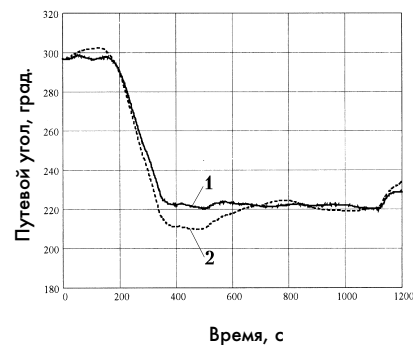


Рис. 4. Путевой угол:

1 — измеренный; 2 — рассчитанный

Были получены следующие значения коэффициентов:  $r_{31} = -0,0109$ ;  $q_{31} = 0,000232$ ;  $s_{31} = 0,000189$ ;  $r_{21} = 0,465$ ;  $q_{21} = -0,0341$ ;  $s_{21} = 0,00194$ . Точность идентификации коэффициентов существенно различалась: она была удовлетворительной при угловой скорости и угле перекладки руля, но «грубой» при угле дрейфа (рис. 3). Последнее может быть объяснено

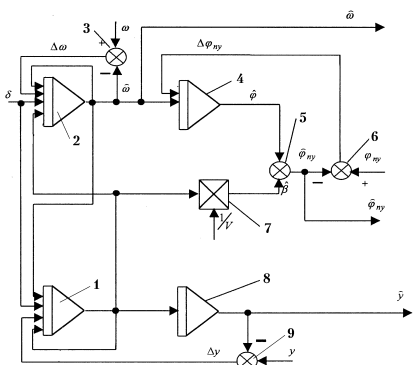


Рис. 5. Схема оценки фазовых координат:  $\phi_{пуз}, \omega, \hat{y}$

невысокой точностью расчета текущего значения угла дрейфа, вызванной необходимостью рассчитывать это значение как интеграл от угловой скорости судна.

Передаточная функция углового движения судна имеет вид

$$w(p) = \frac{-0,12}{\delta(p) (13,2p + 1)(2,6p + 1)}$$

где  $p = d/dt$ .

Для оценки близости полученной модели движения судна реальному процессу на рис. 4 приведена запись изменения измеренного путевого угла движущегося судна 1 и его оценка, полученная на выходе математической модели движения судна, если на ее вход поступает текущее значение угла перекладки руля (см. рис. 2, а) и скорость хода 2. Расхождение записанных процессов частично можно объяснить тем, что не учтены ветер и течение.

Измеренные фазовые координаты состояния судна  $\phi_{пуз}, \omega, y$  оценивались в соответствии со схемой, приведенной на рис. 5, состоящей

из четырех интеграторов 1, 2, 4, 8, в которых формируется математическая модель движения судна, множительного блока 7, на выходе которого получали оценку угла дрейфа, и четырех сумматоров 3, 5, 6, 9 для уточнения фазовых координат судна.

В качестве основного закона системы автоматического управления движением теплохода «Яков Свердлов» был принят пропорционально-дифференциальный закон управления (ПД) с коррекцией по боковому сносу.

Угол перекладки руля формируется по зависимости

$$\delta = K_{\phi_{пу}} (\phi_{пу} - \phi_{пуз}) + K_{\omega} \omega + K_y y - K_{\delta} \delta$$

где  $K_{\phi_{пу}}, K_{\omega}, K_y, K_{\delta}$  — постоянные коэффициенты.

Для снижения загрузки рулевого привода и сокращения сопротивления движению судна вместо измеренных фазовых координат состояния судна использовались оценки этих координат.

Основные результаты испытаний приведены на рис. 6. Первоначально теплоход двигался по курсу  $269^\circ$ , а после перехода на новый курс  $264^\circ$  стабилизировался на этом курсе с 1450 с до 1840 с (в течение 6,5 мин). Расчеты показали, что во время стабилизации на курсе  $264^\circ$  среднеквадратическое отклонение от заданного курса составило  $0,45^\circ$ . После 1750 с выполнялись градусные поправки.

Для повышения качества идентификации параметров математической модели углового движения судна желательно иметь информацию об угле курса либо восстанавливать ее по имеющейся информа-

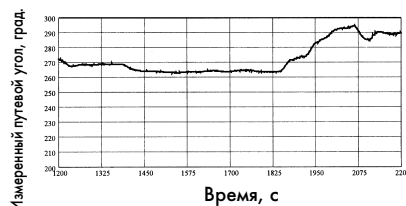


Рис. 6. Измеренный путевой угол

ции с учетом логических условия существования угла дрейфа.

**Выводы.** 1. Использование в качестве основного датчика фазового состояния судна приемника СНС целесообразно и весьма эффективно.

2. Наличие приемника СНС и ДУС позволяет идентифицировать параметры математической модели углового движения судна многократно в течение рейса.

3. Измерение не угла курса, а путевого угла позволяет формировать закон управления движением судна относительно заданной траектории (с учетом угла дрейфа).

4. Использование сигнала бокового смещения в законе стабилизации движения существенно повышает безопасность режима автоматического управления при движении в узкостях.

5. Использование уточненной модели движения судна позволяет снизить уровень шумов и внешних возмущений при формировании оценок фазовых координат состояния судна и повысить качество стабилизации особенно при развитом морском волнении.

6. Точность стабилизации судна с макетным образцом системы была не хуже  $0,5^\circ$ . Отметим, что точность измерения приемником СНС в центре города была ниже, чем на открытом пространстве.

## ПРЕОБРАЗОВАНИЕ УГЛОВЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ПЛАТФОРМ В ЦИФРОВОЙ КОД

О. К. Епифанов, канд. техн. наук (ГНЦ ЦНИИ «Электроприбор»)

УДК 621.398.694.4-531.4

Создание высокоточных, надежных и долговечных систем автоматического управления (САУ) крупногабаритными платформами, которые являются составной частью судовых и корабельных систем связи и нави-

гационного оборудования и работают в режимах стабилизации, наведения и сопровождения с угловой точностью на уровне десятков и единиц угловых секунд, в большинстве случаев возможно только на основе

реализации безредукторных цифровых следящих систем, основной информационно-измерительной частью которых является цифровой канал непосредственного списывания и преобразования механических угловых перемещений.

Решение указанной задачи на основе редукторных следящих систем, в частности, на списывании угловых перемещений через крупногабаритную зубчатую передачу с помощью контактных первичных преобразователей угла или оптических измерительных датчиков, обеспечивало точность преобразования



Основные технические характеристики индукционных преобразователей угла					
Показатель	ППУ-Д	ДПР-260-Б	ДУ-280(Б)	2ВТ-5-2	2БВТ-5МП
Номинальное напряжение возбуждения, В	6	6	6	6	6
Номинальная частота напряжения возбуждения, кГц	4	4	5	4	4
Коэффициент электрической редукции датчика ТО	128	64	128	128	128
Погрешность преобразования угла, не более:					
ИПУ-ТО, угл. с	±5	±20	±5	±10	±12
ИПУ-ГО, угл. мин	±15	±15	±20	±20	±20
Диаметр статора, мм:					
наружный	260	285	280	500	600
внутренний	170	425	205	405	350
Длина, мм	56,1	170	43	56	190
Масса, кг	9,3	50	7	40	150
Срок службы, годы	15	15	15	15	12

Примечания: 1. Модификация ДПР-260-Б является обращенной и предназначена для полых валов крупногабаритных платформ;  
 2. Длина модификации ДУ-280(Б), приведена без учета КТ;  
 3. К варианту 1 ИПУ относятся ППУ-Д, ДУ-280 и 2ВТ-5-2; к варианту 2 — ДПР-260Б и ДУ-280Б; к варианту 3 — 2БВТ-5МП.

лишь на уровне десятков и единиц угловых минут. Кроме того, при реализации средств герметизации, мероприятий по периодическому техническому обслуживанию и защите от воздействий окружающей среды в процессе эксплуатации не обеспечивался автономный ресурс работы на уровне десятков тысяч часов. Одним из существенных факторов ограничения для непосредственного списывания и преобразования угловых перемещений в крупногабаритных приборах является большая (от 0,1 мм и более) конструктивная и эксплуатационная нестабильность положения поверхности вала (НППВ) платформы в процессе вращения относительно ее корпусных элементов.

В то же время существует перспективный и уже зарекомендовавший себя способ построения канала непосредственного списывания и преобразования механических угловых перемещений с точностью до десятков и единиц угловых секунд — с помощью двухканального аналого-цифрового преобразователя угла (АЦПУ) типа «угол—параметр—код» [1], в котором первичное преобразование угла в функциональный электрический

сигнал осуществляют двухотсчетные индукционные преобразователи угла (ИПУ) типа «вращающийся трансформатор» (ВТ) [2], содержащие конструктивно объединенные двухполюсный датчик грубого отсчета (ГО) и многополюсный датчик точ-

ного отсчета (ТО). При этом ротор ИПУ устанавливается непосредственно на вращающийся вал платформы, а статор — на корпусные элементы (таблица):

базового варианта ИПУ — с осевой компоновкой датчиков ТО и ГО (вариант 1), в которых воздушный зазор между ротором и статором каждого из датчиков соответствует НППВ для обеспечения заданной точности преобразования угла;

бесконтактного базового варианта ИПУ (вариант 2), в котором ИПУ снабжен воздушным кольцевым трансформатором (КТ) для бесконтактной передачи напряжения возбуждения с неподвижной части платформы на вращающийся ротор ИПУ в отсутствие приборного токоподвода;

бесконтактного ИПУ практически для любых случаев НППВ (вариант 3), в котором ИПУ снабжен высокоточной поводковой шарнирно-крестовой муфтой (МП), выполняемой по схеме Ольдгэма, и собственным подшипником качения.

В качестве иллюстрации на рис. 1 приведен третий, наиболее полный, вариант построения ИПУ типа 2БВТ-5МП. В нем использован роликовый подшипник с перекрещивающимися роликами, придающий осевую стабильность ротору датчика при его угловых перемещениях. Воздушный КТ выполнен по традици-

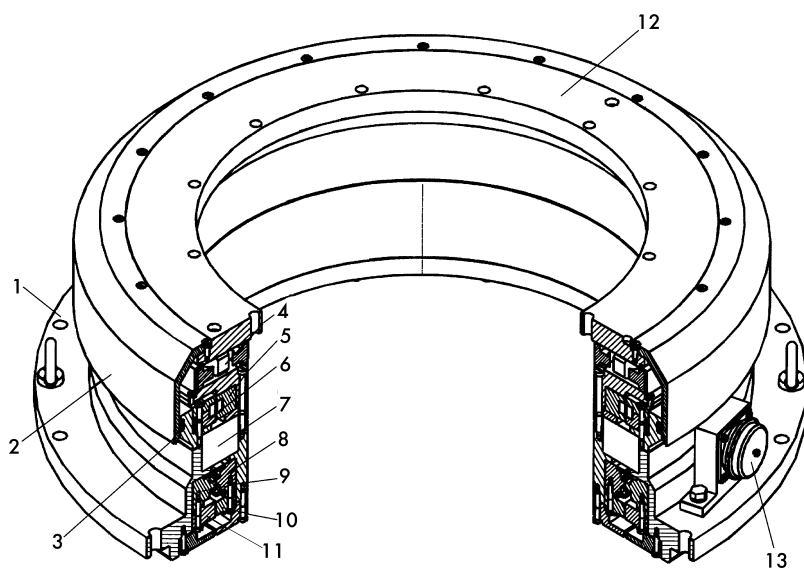


Рис. 1. Конструкция индукционного преобразователя угла типа 2БВТ-5МП:  
 1 — фланец 2БВТ-5МП; 2 — защитный кожух; 3 — уплотнение; 4 — поводковая муфта МП-500; 5 — статор КТ-50; 6 — статор КТ-500; 7 — подшипник 40035; 8 — ротор ГО 2ВТ-5-2; 9 — статор ГО 2ВТ-5-2; 10 — ротор ТО 2ВТ-5-2; 11 — статор ТО 2ВТ-5-2; 12 — поводок; 13 — вилка РМГЗ9БПЭ45Ш2

онной принципиально-конструктивной схеме [2] построения на сплошных магнитопроводах из магнитомягкой стали с КПД от 60% и передаваемой мощностью до 20 Вт.

С точки зрения функционирования с требуемым уровнем погрешности преобразования угла, а также реализации его работы как в составе АЦПУ, так и работы самого ЦПУ, ИПУ характеризуются следующими параметрами: значением электрической редукиции  $p$  датчика ТО, определяющей также и разрешающую способность преобразования угла АЦПУ; погрешностью преобразования угловых перемещений датчика ТО; максимально допустимой погрешностью датчика ГО при его работе совместно с датчиком ТО в составе АЦПУ; точностью взаимного согласования (выставки) нулевых положений датчиков ТО и ГО; остаточным напряжением в угловом положении минимального выходного сигнала датчиков ГО и ТО; нестабильностью (уходом) нулевых положений датчиков ТО и ГО при механических и климатических воздействиях в процессе работы ИПУ; чувствительностью датчиков ТО и ГО к величинам НППВ.

Принципиальное построение датчиков ТО ИПУ [2] основано на получении максимального коэффициента электрической редукиции без выделения высших пространственных гармонических составляющих кривой взаимоиндукции в заданном габарите, т.е. по первой гармонике огибающей амплитуды питающего напряжения при изменении коэффициента взаимоиндукции между обмотками в функции угла поворота ротора. Конструктивно датчики ТО выполняются плоскими, на сплошных (из магнитомягкого сплава) магнитопроводах с прямоугольными пазами, в которые уложены входные и выходные обмотки. Это дает ряд технологических и эксплуатационных преимуществ: формообразование зубцового слоя магнитопроводов осуществляется с более высокой точностью, чем при сборке из штампованных листов; используются простейшие волновые сосредоточенные обмотки, что практически исключает ошибки при их выполнении; реализуется полная автоматизация обработки зубцового слоя; пооперационный технологический контроль не требует создания сложных прибо-

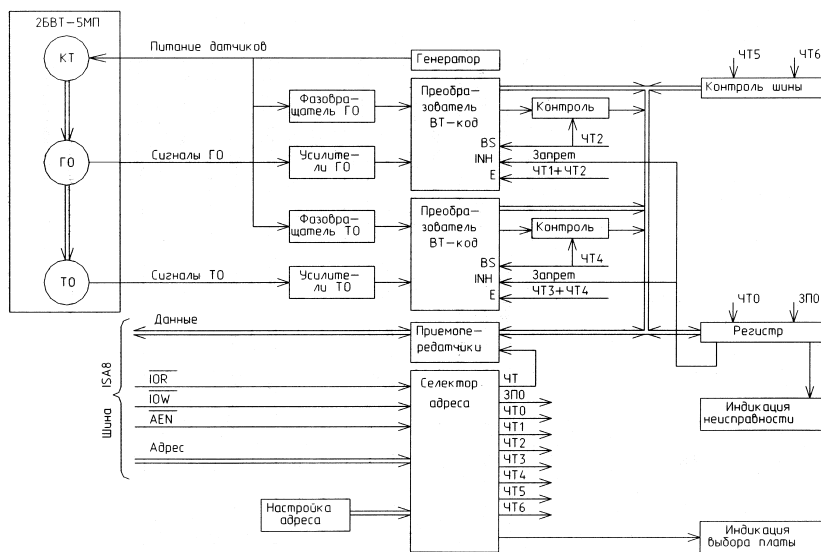


Рис. 2. Структурная схема аналогового ЦПУ-22-500

ров и устройств; отсутствуют сопрягаемые детали в магнитопроводах, обеспечивая высокостабильную работу датчика при температурных и механических воздействиях; простота конструкции (каждый магнитопровод состоит из одной детали) обеспечивает удобство установки в приборе и согласования нулей датчиков ГО и ТО с «нулевым» положением прибора.

Значение электрической редукиции датчика ТО определяет его собственный уровень погрешности преобразования и разрешающую способность АЦПУ в целом.

Уровень инструментальной погрешности преобразования датчика ТО указанного выше типа в общем случае определяется выражением

$$\Delta\alpha = \frac{1}{p} \sum_{k=1}^{\infty} (d_{4k+1} + d_{4k-1}) \sin 4kp\alpha, \quad (1)$$

а при записи основной функциональной зависимости датчика ТО, согласно [4], в виде

$$\operatorname{tg}(\alpha + \Delta\alpha) p = \frac{E_s}{E_c} = \frac{E_p(\sin v p \alpha + \Delta_s)}{E_p(\cos v p \alpha + \Delta_c)}$$

$$\text{где } \Delta_s = \sum_{v=3,5,\dots}^{\infty} \frac{E_{pv}}{E_p} \sin v p \alpha;$$

$$\Delta_c = \sum_{v=3,5,\dots}^{\infty} \frac{E_{pv}}{E_p} \cos v p \alpha; \quad \frac{E_{pv}}{E_p} = d_v;$$

$E_s, E_c$  — соответственно выходные ЭДС синусной и косинусной обмотки датчика ТО;  $\alpha$  — угол поворота

ротора датчика ТО;  $v$  — основные гармонические составляющие погрешности отображения синусоидальной зависимости  $E = f(\alpha)$  датчика ТО при разложении ее в ряд Фурье  $v = 3, 5, 7, \dots$ , т. е.  $v = 4k \pm 1$  при  $k = 1, 2, \dots, \infty$  [2, 3];

Следует отметить, что в функции погрешности  $\Delta\alpha$  рассматриваемых датчиков ТО значимыми являются 3, 5, 7 и 9-гармонические составляющие.

При наличии неортогональности выходных фаз обмоток  $\Delta\beta$  датчика ТО, неравенства коэффициентов трансформации  $E_s k = E_c$ , трансформаторной связи  $\Delta E$  между лобовыми частями обмоток и линиями связи, по которым передаются выходные напряжения ТО, также возникает погрешность датчика  $\Delta\alpha_{\text{вн}}$ , выражение для которой имеет вид

$$\Delta\alpha_{\text{вн}} = -\frac{1}{p} \left[ \frac{k-1}{2} \sin 2p\alpha + \frac{\Delta E}{E_p} \cos p\alpha + \frac{\sin \Delta\beta}{2} + \frac{\sin \Delta\beta}{2} \cos 2p\alpha \right]. \quad (2)$$

Таким образом, в соответствии с выражениями (1) и (2), угловая погрешность датчиков ТО ИПУ содержит в периоде изменения выходного сигнала  $360^\circ/p$  гармонические составляющие порядка  $v = 1, 2, 4k$  при  $k \in [1, 2]$ .

Связь разрешающей способности АЦПУ с электрической редукицией определяется следующим выражением [4]:

$$\alpha^p = 360^\circ / N_{\text{кго}} \cdot 2^p,$$

где  $N_{\text{кго}}$  — скорректированный двоичный код ГО:

$$N_{\text{кго}} = N_{\text{го}} - 2^{-n+m+1} + 2^{-m} \cdot N_{\text{то}}; \quad (3)$$

$n$  — число двоичных разрядов кода ГО;  $m$  — число старших двоичных разрядов кода ГО,  $m = \log_2 p$ ;  $N_{\text{то}}$  — инвертированный двоичный код точного отсчета.

Из выражений (1) и (2) следует: чем больше величина электрической редукции датчика ТО, тем выше его точность и разрешающая способность АЦПУ. Учитывая, что разрешающая способность АЦПУ должна превышать собственную погрешность преобразования датчика ТО не менее чем на порядок, электрическая редукция должна быть не менее 32—64.

Максимальная допустимая погрешность  $Q_{\text{го}}$  датчика ГО при его работе в двухотсчетном преобразователе угла в зависимости от электрической редукции датчика ТО определяется выражением

$$Q_{\text{го}} = \pm 0,25 \frac{360^\circ}{p}$$

и для значений  $p$ , равных 64 и 128, погрешность  $Q_{\text{го}}$  составляет соответственно  $\pm 84'$  и  $\pm 42'$ .

Точность взаимного согласования нулевых положений датчиков ТО и ГО определяется величиной конструктивного рассогласования  $R_{\text{тг}}$  нулей этих датчиков при изготовлении ИПУ, и с учетом заданных условий эксплуатации не превышает, как правило,  $\pm(10...15)$  угл. мин, а также синфазной составляющей остаточного напряжения  $U$  в выходном сигнале датчиков. Остаточные напряжения вносят зону угловой нечувствительности  $S_{\text{н}}$ , которая определяется следующими выражениями:

$$\pm S_{\text{н}} = 1,1 \frac{U}{U_{\text{м}}} 3600, \text{ угл. мин};$$

$$\pm S_{\text{нто}} = 1,1 \frac{U}{U_{\text{м}} p} 216000, \text{ угл. с},$$

где  $U_{\text{м}}$  — максимальное напряжение выходного сигнала;  $U$  — синфазная составляющая остаточного напряжения.

В датчиках ГО ИПУ суммарное остаточное напряжение в реальных

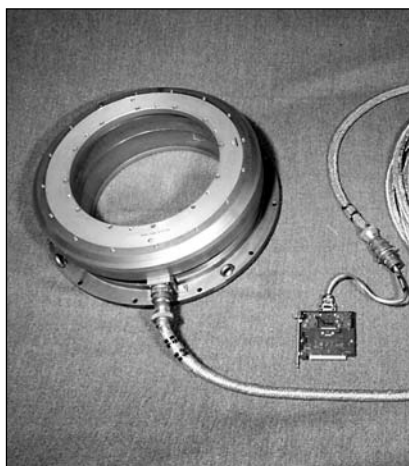


Рис. 3. Внешний вид аналогового ЦПУ-22-500

условиях эксплуатации не превышает 1%  $U_{\text{м}}$ , при этом синфазная составляющая не превышает 0,1%  $U_{\text{м}}$ , что соответствует значению вносимой погрешности не более  $\pm 5$  угл. мин. Для датчиков ТО значение  $S_{\text{нто}}$  составляет меньше одной угловой секунды.

Исходя из опыта разработок и производства двухотсчетных преобразователей угла, режим работы ИПУ в трансформаторной дистанционной передаче угла (ТДП) полностью идентичен режиму работы датчиков ГО в цифровых преобразователях «угол—параметр—код» [2, 5]. Допускаемая погрешность следования датчика ГО, таким образом, определяется согласно следующему выражению:

$$Q_{\text{го.с}} = Q_{\text{го}} - |\pm S_{\text{н}}| - R_{\text{тг}}.$$

Погрешность преобразования рассматриваемых датчиков ГО составляет не более  $\pm 10...20$  угл. мин, в основном определяется конечной точностью технологии изготовления магнитопроводов статора и ротора, их синусоидально распределенных обмоток и характеризуется аналогичными составляющими  $\Delta\alpha_{\text{вн}}$ , как и у датчиков ТО, а инструментальная погрешность преобразования составляет второй порядок малости [3].

Невысокие требования, предъявляемые к точности датчиков ГО ИПУ, позволяют реализовать их в упрощенной плоской конструкции с выполнением статора и ротора по традиционной технологии на сплошных или шихтованных магнитопроводах с круглыми пазами в зоне воздушного зазора [3].

Дополнительная погрешность датчиков ТО и ГО от климатических и механических воздействий в процессе эксплуатации определяется только уходом их согласованного углового положения от исходного и не превышает единицы угловой минуты для датчика ГО и единицы угловой секунды для датчика ТО на 40 °С в режиме ТДП.

Погрешность датчиков ТО и ГО от наличия НППВ обусловлена появлением первой пространственной гармоники в кривой магнитной проводимости воздушного зазора в функции угла поворота ротора на 360°. При изменении радиальной составляющей воздушного зазора на 10 % от номинального значения в датчиках ТО указанная погрешность составляет  $\pm 1,0$  угл. с. Дальнейшее изменение амплитуды погрешности преобразования угла от НППВ имеет квадратичный характер в сторону увеличения. Таким же образом влияет и осевая неравномерность воздушного зазора, проявляющаяся свыше номинальной величины воздушного зазора и приводящая к модуляции по первой пространственной гармонике длиннопериодной погрешности внутривнутрипериодных гармонических составляющих погрешности датчика ТО. Таким образом, точностные параметры датчика ТО являются алгебраической суммой указанных составляющих погрешности при его работе в составе ЦПУ типа «угол—параметр—код».

Поводковые муфты для ИПУ и, в частности, для 2БВТ-5МП (МП-500) по своему принципиально-конструктивному построению выполняются в полном соответствии с известной безлюфтовой плавающей — крестовой муфтой типа Ольдгэма. Такого типа муфты, в первую очередь, предназначены для высокоточной передачи угловых перемещений от одного вала другому, когда имеются большие значения несоосности в расположении и эксцентриситета осей при вращении обоих валов относительно друг друга.

Муфты выполняются из трех частей: двух поводков и крестовины с четырьмя крестообразно расположенными пазами. В пазах тангенциально выполнены отверстия, в которых установлены подпружиненные шарики. При выполнении муфты по принципу четырехпальцевого соединения угловые ошибки передачи уг-

лов поворота от несовпадения осей валов в каждой диаметральной паре пальцевых соединений равны по значению и противоположны по знаку.

Погрешности передачи угловых перемещений валов на крупногабаритных муфтах типа МП-500 определяются в основном величиной мертвого хода, который может возникнуть от нежесткости пары «палец—шарик», нежесткости (деформации) конструкции муфты и износа трущихся о шарики рабочих поверхностей пальцев. В конструкции муфты типа МП-500 между шариками и рабочими поверхностями пальцев наблюдается трение скольжения.

Выполненные расчеты технических характеристик МП-500 показали, что число оборотов МП-500 за весь срок службы при увеличении кинематической погрешности на  $\pm 1$  угл. с составляет 8 млн об, что соответствует ресурсу работы 32 800 ч.

Вторая составная часть преобразователя «угол—параметр—код» — электронный вторичный цифровой преобразователь угла (ВПУ). Наиболее современным и высокоточным ВПУ является следящий преобразователь амплитудного типа [4], который реализуется на выпускаемых серийно микросхемах одноканального аналого-цифрового преобразователя угла «ВТ—код» интегрального исполнения рядом зарубежных фирм, например микросхема AD2S80A фирмы Analog Devices (США).

Благодаря схемной законченности, простоте использования и хорошим динамическим характеристикам, для ИПУ разработан ряд двухканальных и многоканальных ВПУ типа ПК.ПТ на четырехслойных печатных платах в конструктиве Micro PC (Octagon Systems) с шиной ISA-8 (ISA-16), что позволяет устанавливать ВПУ как в контейнер конструктива OCTAGON, так и в разъем персонального (или промышленного) компьютера. Кроме шины ISA, могут выполняться и другие интерфейсы, например, VME IEC 821, МПИ ГОСТ 26765.51—86 и т. д. Возможно также исполнение ВПУ в других конструктивах, например, Евромеханика 3U или 6U, IBM PC, или PC-104.

Структурная схема аналого-цифрового преобразователя угла ЦПУ-22-500 [5], выполненного на

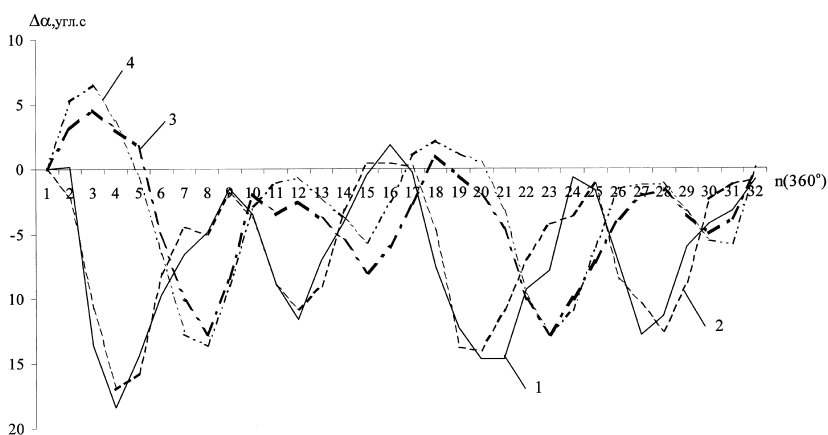


Рис. 4. Кривые погрешностей преобразований углов ЦПУ-22-500 (1 и 3) и преобразователей угла датчиков ТО в ТДП (2 и 4)

ИПУ типа 2БВТ-5МП и ВПУ типа ПК.ПТ.07, представлена на рис. 2.

ВПУ типа ПК.ПТ для ИПУ имеют следующие основные тактико-технические характеристики:

Число одноотсчетных каналов	.....2
Разрешающая способность каждого канала, бит	.....15(16)
Диапазон преобразования угла поворота ротора ИПУ по каждому из каналов, град.	...360
Погрешность преобразования каждого канала, угл. мин.	..... не более $\pm 2$ ;
Допустимая частота вращения ротора датчика с $p=1$ , об/с	.....16
Полоса пропускания каждого из каналов, Гц	240
Время готовности ВПУ после включения, мс	..20
Напряжение питания датчиков ТО и ГО ИПУ, В/частота, Гц	.....4/4000
Напряжение цифровых входных и выходных сигналов	..... уровни ТПЛ;
Потребляемый ток при нагрузке выхода опорного напряжения 10 Ом, А, не более:	
от источника +12 В и -12 В	.....0,3
от источника 5 В	.....0,1
Габаритные размеры, мм	.....120x125x18
Масса, г, не более	.....200

Полный двоичный код угла АЦПУ получают во внешней ЭВМ из кодов датчиков ГО и ТО с использованием рабочей программы, которая осуществляет считывание кодов этих датчиков по шине ISA-8 с ПК.ПТ; вычисление скорректированного 15-разрядного кода датчика ГО по формуле (3), получение 22(23)-разрядного кода АЦПУ путем добавления к семи старшим разрядам кода  $N_{\text{ГО}}$  кода  $N_{\text{ТО}}$ , преобразование полученного двоичного кода в градусо-минутно-секундную величину для целей диагностики и контроля работы АЦПУ; вывод ее на экран монитора и, при необходимо-

сти, на принтер или внешний носитель данных.

Образец ЦПУ-22-500, в котором ИПУ 2БВТ-5МП соединен с платой ВПУ ПК.ПТ.07 через кабель типа КМПЭВЭ, представлен на рис. 3.

Результаты испытаний промышленных образцов ЦПУ-22-500 полностью подтвердили приведенные выше параметры входящих 2БВТ-5МП и ПК.ПТ.07 и позволили получить следующие технические характеристики ЦПУ:

Диапазон измеряемых углов, град.	..0—360;
Число отсчетных устройств (каналов)	...2;
Электрическая редукция канала:	
грубого отсчета	.....1
точного отсчета	.....128
Максимальная частота вращения ротора 2БВТ-5МП, угл. град/с	.....45
Максимальное угловое ускорение ротора 2БВТ-5МП, угл. град/с <sup>2</sup>	.....10
Момент статического трения 2БВТ-5МП, Н·м, не более	.....10
Дискретность преобразования, угл. с	..0,31
Тип выходного кода, принцип съема информации	..... двоичный натуральный, параллельный
Информационная емкость, бит	.....22
Максимальная статическая погрешность преобразования угла, угл. с	..... $\pm 12$
Среднее квадратическое отклонение случайной составляющей статической погрешности, угл. с	..... $\pm 0,5$
Максимальное удаление ПК.ПТ.07 от 2БВТ-5МП, м	.....100
Срок службы, лет	.....12

Анализ результатов измерения точностных параметров ряда образцов ЦПУ-22-500 при использовании угломерно-задающего устройства с максимальной погрешностью задания углов в диапазоне 0—360°,

равной  $\pm 0,3$  угл. с, показал следующее. Графики погрешностей преобразования угла двух образцов аналоговых ЦПУ-22-500 (кривые 1 и 3) и графики погрешностей преобразования угла датчиков ТО в ТДП на двухполюсный ВТ-приемник (кривые 2 и 4), входящих в 2БВТ-5МП, приведенные на рис. 4, свидетельствуют, что погрешность ЦПУ-22-500 определяется в основном погрешностью датчиков ТО, отмечается периодическим характером и в периоде изменения выходного сигнала  $360^\circ/p$  имеет гармонические составляющие разложения в ряд Фурье  $v = 2; 4$  и  $8$ .

Измерения неравномерности расположения нулевых точек как датчиков ТО отдельно, так и в составе аналоговых ЦПУ-22-500 показали что имеет место первая пространственная гармоника в функции угла поворота ротора на  $360^\circ$  с максимальной величиной до  $\pm(1 \dots 1,5)$  угл. с, определяемая в равной степени вносимой погрешностью датчика ТО и погрешностью передачи угловых перемещений МП-500.

Оценка случайных составляющих погрешности преобразования угла образцов типа аналогового ЦПУ-22-500, включая составляющие, вносимые средствами измерений, показала, что среднее квадратическое значение случайной составляющей не превысило во всех исследованных образцах ЦПУ  $\pm 0,5$  угл. с. Следовательно, реализация учета суммарной периодической (систематической) составляющей функции погрешности преоб-

разования угла АЦПУ, которая в условиях места установки на платформе также включает и составляющие погрешностей, вносимые элементами ее конструкции, позволяет в реальных условиях эксплуатации обеспечивать точность преобразования механических угловых перемещений на уровне единиц угловых секунд. При этом появляются возможности вырабатывать критерии оценки качества работы платформ в течение всего срока эксплуатации.

Следует отметить, что приведенные выше технические характеристики АЦПУ для ЦПУ-22-500 и результаты измерения точностных параметров ряда его образцов полностью соответствуют характеристикам ЦПУ, построенных на ИПУ из приведенной выше таблицы, и ВПУ типа ПК.ПТ.

**Выводы.** 1. Совокупность положительных качеств при реализации непосредственного (безредукторного) преобразования в цифровой двоичный код угловых перемещений крупногабаритных платформ, имеющих диаметр валов  $150-200$  мм и более, позволяет повысить статические и динамические точностные характеристики САУ, надежность и помехоустойчивость, увеличить долговечность и устойчивость к эксплуатационным факторам без технического обслуживания в течение всего срока службы.

2. Реализация АЦПУ типа «угол—параметр—код» на основе двухотсчетных многополюсных ВТ и следящего преобразователя ампли-

тудного типа обеспечивает точность преобразования угла на уровне десятка и единиц угловых секунд с решающей способностью по двоичному коду угла на уровне 21—23 разрядов.

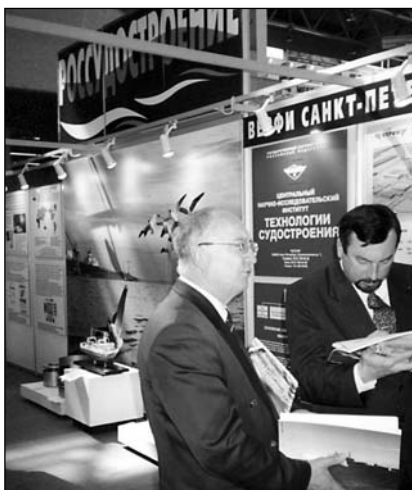
3. Включение в конструкции ИПУ МП и КТ расширяет возможности их применения для валов с большими значениями НППВ и исключает необходимость токоподвода напряжения возбуждения ИПУ на вращающийся вал платформы.

4. В силу принципиального построения датчика ТО для ИПУ, функция погрешности преобразования рассматриваемого АЦПУ как во времени, так и при эксплуатации имеет стабильный периодический характер, включающий ограниченный ряд четных гармонических составляющих, что открывает возможности повышения точности преобразования механических угловых перемещений до уровня единицы угловой секунды.

**Литература**

1. Домрачев В. Г, Мейко Б. С. Цифровые преобразователи угла. М.: Энергоатомиздат, 1984.
2. Епифанов О. К. Управляемые двигатели и высокоточные преобразователи угла для следящих систем // Судостроительная промышленность. Сер. Навигация и гироскопия. 1992. Вып. 4.
3. Хрущев В. В. Электрические машины систем автоматики. Л.: Энергоатомиздат, 1985.
4. Бильвин Л. А., Епифанов О. К., Лекомцев А. В. Высокоточные преобразователи угловых перемещений для инерциальных навигационных комплексов // Гироскопия и навигация. 1998. № 4.
5. Высокоточные преобразователи угловых перемещений / Под общ. ред. А. А. Ахметжанова. М.: Энергоатомиздат, 1986.

**«ТЕХНОЛОГИЯ ИЗ РОССИИ 2000»**



15—18 мая 2000 г. в Москве, на территории Всероссийского выставочного центра (бывш. ВДНХ), состоялась Пятая национальная выставка-ярмарка современных технологий, инновационных проектов, промышленного оборудования и услуг «Технология из России 2000», организованная Российским союзом промышленников и предпринимателей, ЗАО «Крокус Интернэшнл» при поддержке правительства России. Предыдущие выставки с успехом прошли в США, Италии, Бахрейне и у нас в стране. На этот раз около 150 организаций, предприятий, научно-исследовательских институтов, конструкторских бюро и вузов представили свои лучшие разработки,

многие из которых не имеют аналогов в мире.

С объединенным стендом выступило Российское агентство по судостроению. Экспозиция, организатором которой был ЦНИИТС, продемонстрировала, в частности, потенциальные возможности предприятий отрасли в области создания конкурентоспособной продукции. Экспонаты представили ЦНИИТС, ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова, ЦНИИ КМ «Прометей», ЦНИИ «Электроприбор», СКБ «Компенсатор», ОАО «Балтийский завод». Отраслевая экспозиция была отмечена дипломом Российского союза промышленников и предпринимателей.

Практика организации объединенных экспозиций «Россудостроения» будет продолжена.

## ПОВЕРХНОСТНОЕ УПРОЧНЕНИЕ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ КОРРОЗИОННО-УСТАЛОСТНОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ СУДОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

В. Д. Горбач, канд. техн. наук, В. С. Михайлов, докт. техн. наук  
(ГНЦ ЦНИИТС)

УДК 621.791.052-192:629.5

Качество сварных конструкций зависит от подготовки кромок под сварку, сварочных материалов, технологии сварки и других факторов. Оно также зависит от конструктивных особенностей, в том числе и технологичности конструкции.

При изготовлении конструкций возникают остаточные сварочные деформации и напряжения, оказывающие значительное влияние на прочность конструкций, коррозионно-усталостную долговечность, сопротивление движению судна и другие свойства.

ЦНИИТС занимается всей совокупностью вопросов, влияющих на качество сварных конструкций, в частности, снижением остаточных сварочных напряжений и деформаций за счет расчетного прогнозирования сварочных деформаций и оптимизации технологической схемы сборки и сварки конструкций, уменьшением сварочных деформаций и напряжений на основе низкочастотной виброобработки конструкций и корпусов судов [1–5].

Как известно, при сварке вдоль сварного соединения, как правило, возникают остаточные сварочные напряжения растяжения, которые уравниваются напряжениями сжатия, распределяющимися по обе стороны от сварного соединения и постепенно снижающимися при удалении от оси сварного шва. Продольные напряжения обычно значительные и могут достигать предела текучести материала и даже превышать его. В поверхностном слое наплавленного металла и в зоне термического влияния возникают достаточно большие поперечные напряжения растяжения [6] (рис. 1).

С целью уменьшения отрицательного воздействия остаточных напряжений растяжения на конструкцию во многих отраслях промышленности применяют разнообразные способы их снижения и перераспределения: обработка взрывом, пневмомолотком, ультразвуковым пучковым молотком, роликом, наклеп дробью и пр. Выбор способа обработки зависит от массогабаритных характеристик конструкций, условий производства и пр. [5–8]. В судостроении, в основном, применяется дробеметная обработка, обработка пневмомолотком или ульт-

развуковым пучковым молотком, пневмо-щетками.

В ЦНИИТС выполнен комплекс исследований с целью определения влияния способа и технологии обработки на степень снижения или перераспределения напряжений. На рис. 2 приведены примеры распределения остаточных напряжений сжатия по глубине обрабатываемых листов из высокопрочных сталей типа АК и ЮЗ в зависимости от способа и длительности обработки. Установлено, что с увеличением времени обработки стальной дробью глубина упрочненного слоя возрастает и достигает максимального значения при длительности обработки 50–60 с, а остаточные напряжения становятся максимальными на стальных образцах при длительности 15–20 с. По абсолютной величине сжимающие напряжения на образцах из высокопрочной стали типа АК могут достигать 1000 МПа, а глубина упрочненного слоя — 0,6–0,7 мм. Оптимальным режимом обработки стальных корпусных конструкций на практике можно считать время обработки в интервале 15–20 с стальной дробью диаметром 1,5 мм.

Из рис. 2 видно, что с увеличением времени обработки, а также мощности молотков может происходить перераспределение напряжений по глубине листов: на поверхности они снижаются, а на расстоянии 0,2–0,4 мм от поверхности достигают максимального значения. При обработке с использованием пневмомолотков и ультразвуковых молотков глубина воздействия возрастает примерно в два раза по сравнению с обработкой дробью. Поэтому для упрочнения высокопрочных материалов предпочтение следует отдавать пучковым пневмо- и ультразвуковым молоткам. Для низколегированных сталей и алюминиевых сплавов обработку можно выполнять дробью и пучковыми молотками на более низких режимах. Контроль качества обработки обычно ведется по эталонам, изготавливаемым для конкретных условий производства.

В процессе дробеструйного упрочнения от давления воздуха зависит кинетическая энергия летящей дроби: с увеличением давления на одну атмосферу остаточные напряжения возрастают на 10–15%, а глубина упрочненного слоя — до 0,05 мм.

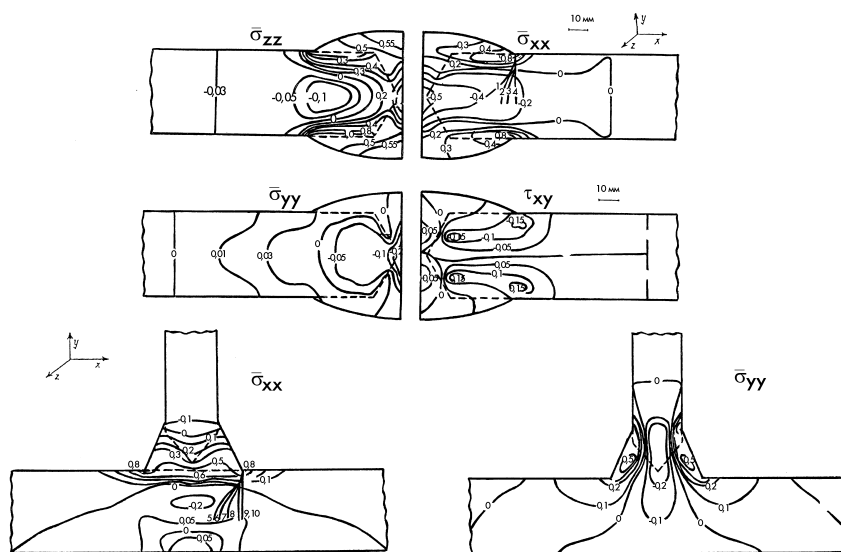


Рис. 1. Распределение относительных остаточных напряжений в стыковых ( $\sigma_{xx}$ ,  $\sigma_{zz}$ ,  $\sigma_{yy}$ ,  $\tau_{xy}$ ) и тавровых ( $\sigma_{xx}$ ,  $\sigma_{yy}$ ) соединениях при многопроходной сварке (напряжения определены с использованием МКЭ в сочетании с теорией пластического неизотермического течения): 1—10 траектории трещин

Интенсивность поверхностного упрочнения корпусных конструкций в производственных условиях зависит не только от параметров режима технологического процесса, но и от толщины листов, жесткости конструкций (секции надстроек, секции малых или крупных судов), их пространственного положения и т. д.

Представляют интерес данные о перераспределении наведенных поверхностных остаточных напряжений при воздействии коррозионной среды, циклических напряжений, сроков эксплуатации и других условий. Установлено, что остаточные напряжения сжатия снижаются в морской воде. Так, при нахождении конструкций в морской воде в течение года

толщина упрочненного слоя уменьшается на 0,11 мм, а максимальные остаточные напряжения — с 800 до 500 МПа. При усталостных испытаниях образцов в морской воде и на воздухе остаточные напряжения также снизились примерно на 40%. Система кривых упрочнения (см. рис. 2) позволила обоснованно определить технологию и режимы обработки конструкций из различных материалов.

Эффективность поверхностного упрочнения сварных соединений оценивалась по результатам испытаний образцов на циклическую стойкость на воздухе и в синтетической морской воде. С целью учета реального влияния циклических и вибрационных нагрузок на опорные контуры пластин обшивки и набора были приняты следующие размеры образцов: длина 435 мм, ширина 100 мм, толщина 6 мм. Испытания проводились на лабораторных установках с частотой нагрузки 1400—1700 цикл./мин. Образцы укреплялись в специальных опорах, а колебания возбуждались с помощью малогабаритных вибраторов, устанавливаемых на консольной части образцов. В процессе испытаний контролировались напряжения и амплитуда колебаний. Появление усталостных трещин фиксировалось визуально в результате выхода образца из резонанса.

В процессе поверхностного упрочнения исследовалось влияние ширины зоны упрочнения стыкового и углового соединений, степени по-

верхностного упрочнения, конструктивных элементов концентраторов напряжений (стыковое и тавровое сварные соединения, приварка элементов насыщения). С целью определения оптимальной зоны упрочнения проводились испытания стыковых образцов с шириной полосы упрочнения до 70 мм. Результаты коррозионно-усталостных испытаний показали, что поверхностное упрочнение сварных соединений позволяет повысить циклическую долговечность конструкций в 2—3 раза (рис. 3, 4). С увеличением ширины полосы упрочнения коррозионно-усталостная прочность стыковых соединений возрастает до определенного значения. Дальнейшее увеличение ширины зоны упрочнения на повышении коррозионно-усталостной прочности не сказывается. В связи с чем ширина зоны упрочнения должна перекрывать зону термического влияния после сварки и составлять порядка 50—60 мм на одну сторону от сварного соединения, что достаточно для достижения необходимого эффекта. Усталостные трещины на образцах как в исходном состоянии, так и после упрочнения возникают в основном в зоне перехода наплавленного металла в основной.

На коррозионно-усталостную прочность влияет диаметр дроби. Например, с увеличением его с 0,5 до 1,5 мм прочность возрастает на 80%, при дальнейшем росте диаметра динамика роста эффективности снижается. Поэтому в произ-

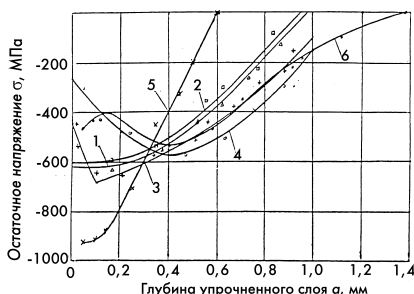


Рис. 2. Распределение остаточных напряжений сжатия в поверхностных слоях в зависимости от способа и режимов обработки:

- 1 — обработка пневмомолотком при  $P = 0,45$  МПа; 2—4 — обработка ультразвуковым молотком мощностью 500, 800 и 1100 Вт соответственно; 5 — дробеметная обработки ( $t = 15$  с) стальной дробью № 1,5; 6 — накатка роликом

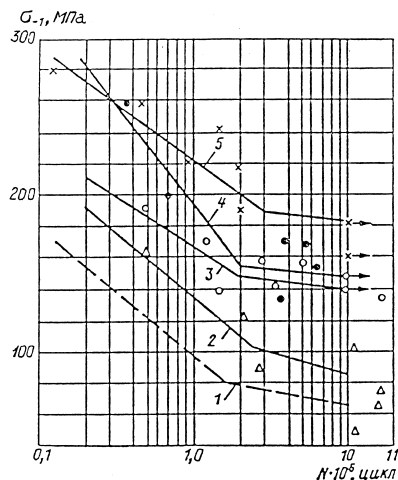


Рис. 3. Коррозионно-усталостная прочность при различной ширине упрочнения: 1 — исходный образец; 2, 3, 4, 5 — ширина соответственно 30, 50, 70 и 140 мм

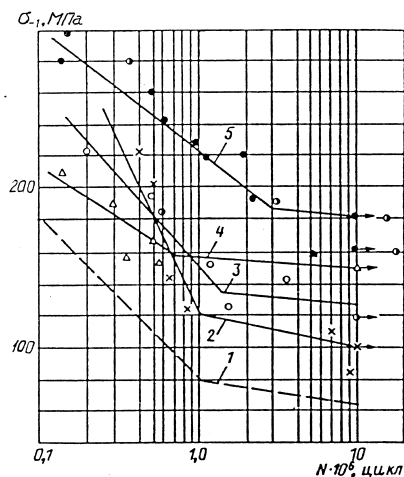


Рис. 4. Коррозионно-усталостная прочность при различном состоянии упрочненной поверхности:  
1 — исходный образец; 2, 3, 4 — дробь стальной литая диаметром 0,5; 0,8 и 1 мм; 5 — дробь стальной литая диаметром 1,5 и 2 мм

водстве рекомендуется упрочнение производить дробью диаметром 1—1,5 мм.

Из-за специфики судостроительного производства, размеров и сложности корпусных конструкций наряду с усталостными испытаниями консольных образцов проводились исследования влияния поверхностного упрочнения на малоцикловую выносливость на крупногабаритных образцах на растяжной машине. Рабочее напряжение принималось равным 0,6 от предела текучести, частота нагружения 10 цикл./мин. Результаты испытаний образцов на малоцикловую усталость в морской воде показали, что дробеструйное упрочнение стальной дробью повысило общую (до разрушения) долговечность на 20%, а упрочнение пучковым пневмомолотком — на 10%. При этом период до момента зарождения трещин при дробеструйной обработке увеличивается, как и при обработке пневмомолотком, в 2,5 раза. Аналогичные результаты получены при испытании сосудов на малоцикловую усталость внутренним давлением. Установлено также благоприятное влияние поверхностного упрочнения на малоцикловую усталость узлов, имеющих концентраторы напряжений.

Были также проведены исследования влияния поверхностного упрочнения на коррозию и коррозионное растрескивание конструкций из маломагнитной стали типа 45Г17ЮЗ. Оп-

ределялся стационарный потенциал, катодные и анодные поляризационные кривые, другие характеристики. Теория электрохимической коррозии достаточно хорошо объясняет особенности происходящих при этом процессов и вполне применима для различных корпусных конструкций. Полученные данные показали, что наибольший сдвиг потенциала в положительную сторону наблюдается на участках конструкций при оптимальном режиме поверхностного упрочнения в диапазоне 10—20 мВ, что указывает на положительное влияние упрочнения на коррозионное состояние конструкции.

На зарождение и развитие процесса коррозионного растрескивания одновременно влияют механический и коррозионный (химический) факторы. Снижение или исключение одного из них должно способствовать уменьшению скорости коррозионного растрескивания. Сжимающие напряжения, создаваемые в поверхностном слое при упрочнении, не только препятствуют зарождению трещин, но и способствуют закрытию микроскопических трещин и выдавливанию из них электролита. Сравнительные испытания образцов и крупногабаритных корпусных узлов, имеющих сварные швы, участки нагрева при правке, наплавке и прихватке, показали, что поверхностное упрочнение повышает коррозионную стойкость в несколько раз. Ускоренные испытания конструкций в морской воде с анодной поляризацией (плотность тока 0,2—0,22 А/см<sup>2</sup>) показали, что при дробеструйном упрочнении повышается коррозионная стойкость основного металла в 3,5—7 раз, а на образцах с концентраторами напряжений — стойкость повышается в 2,5 раза.

Поверхностное упрочнение сварных конструкций позволяет повысить коррозионно-механическую прочность, сопротивление конструкций коррозионному растрескиванию и коррозионную стойкость. Широкое применение высокопрочных сталей и сплавов, обладающих, как правило, пониженной коррозионно-механической прочностью, обуславливает необходимость введения операций поверхностного упрочнения в технологию производства сварных корпусных конструкций.

ЦНИИТС, учитывая высокую эффективность процесса поверхностно-

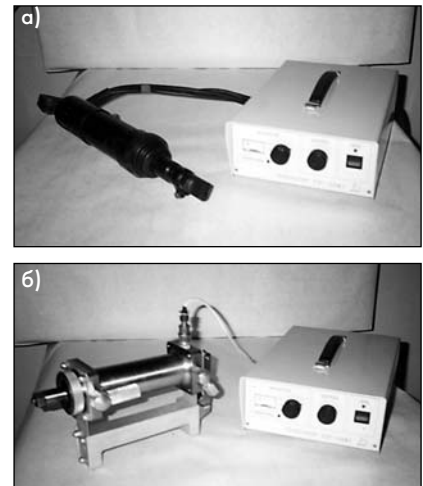


Рис. 5. Установка для упрочняющей обработки сварных соединений и тел вращения на ультразвуковой частоте: а — ультразвуковой молоток; б — ударное устройство для суперфинишной обработки тел вращения

Основные технические характеристики:  
**установка** — рабочая частота 18—28 кГц; выходная мощность 600 Вт; напряжение питания 220 В; масса 4,5 кг; габариты 130x220x350 мм;  
**инструмент** — напряжение питания 65 В; собственная частота 22/27 кГц; амплитуда перемещений на выходном конце колебательной системы 3,5 мкм; длина соединительного кабеля 10 м; расход охлаждающей воды не более 2 л/мин; масса 3,5 кг; габариты 355x180x75 мм

го упрочнения сварных соединений, с участием других предприятий разработал и выпускает для этих целей оборудование, в том числе пучковые пневматические и ультразвуковые молотки, дробеметные установки, устройство для поверхностного упрочнения тел вращения, обеспечивающее и достижение высокой (суперфинишной) чистоты поверхности после механической обработки, что позволяет отказаться от шлифовки и полировки деталей (рис. 5). По технологии и режимам упрочнения выпущен отраслевой руководящий документ.

Поверхностное упрочнение необходимо предусматривать в конструкторской документации для тех частей корпуса судна, где в процессе эксплуатации могут возникать вибрационные нагрузки, концентрации напряжений, повышенная коррозия и т. д. Это — швы в районе гребных винтов, в концевых частях накладных полос, устанавливаемых для усиления общей прочности судов смешанного плавания, в зонах соединения надстроек с главными палубами, по сварным швам



утолщенных листов, по швам заделок и комингсам вырезов приварных изделий и т. д.

**Литература**

1. Кузьминов С. А. Сварочные деформации судовых корпусных конструкций. Л.: Судостроение, 1984.  
 2. ОСТ 5.9807—80. Корпуса металлических судов. Методы определения и предотвращения сварочных деформаций.  
 3. Алферов В. И., Михайлов В. С. Математическое моделирование процесса накопления

сварочных деформаций при изготовлении конструкций танкера с применением метода конечных элементов//Труды ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова. 1966. Вып. 3(287).  
 4. Михайлов В. С., Алферов В. И. Оценка сварочных деформаций при изготовлении крупногабаритных конструкций и корпусов судов с применением метода конечных элементов//Вест. технологии судостроения. 1999. № 5.  
 5. Низкочастотная виброобработка конструкций и поверхностное упрочнение сварных соединений — эффективные процессы снижения

и перераспределения остаточных напряжений//В. С. Михайлов, В. Д. Горбач, В. П. Стеганцев и др.//Вест. технологии судостроения. 1999. № 5.  
 6. Карзов Г. П., Марголин Б. З., Швецова В. А. Физико-механическое моделирование процессов разрушения. СПб.: изд-во «Политики», 1993.  
 7. Гликман Л. А. Коррозионно-механическая прочность металлов. Л.: Машгиз, 1955.  
 8. Степанов В. Г., Клестов М. И. Определение оптимального режима при поверхностном упрочнении дробеструйной обработкой//Технология судостроения. 1972. № 8.

**АКУСТИЧЕСКИЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ ГЕРМЕТИЧНОСТИ ПРИ ПОМОЩИ ПРОГРАММНО-УПРАВЛЯЕМЫХ СРЕДСТВ**

**А. Я. Розинов**, канд. техн. наук, **О. В. Ярыгин**, канд. техн. наук (ГНЦ ЦНИИТС)

УДК 620.165.29-529

Для контроля герметичности акустическим методом в отечественной и зарубежной промышленности используют акустические неконтактные течеискатели. Многообразие существующих приборов объясняется их специализацией [1]. Так, экспериментальный течеискатель марки ШЧТИ-1Э предназначен для выявления сквозных микронеплотностей в конструкциях авиационного производства, ультразвуковой течеискатель марки УЗТИ-8М — для экспресс-поиска сквозных дефектов или неплотностей в металле, соединениях и уплотнениях при производстве строительных, монтажных, пусконаладочных и ремонтных работ. В судостроении разработаны и прошли производственные испытания несколько течеискателей. В их число входят приборы марок ТУЗ-5М, УЗТ-Н и УЗТ-Г, применяемые при испытаниях герметичности отсеков судов, емкостей, трубопроводов и др. Разнообразием конструктивных вариантов

отличаются и акустические неконтактные течеискатели зарубежных фирм (таблица).

Наличие течеискателей зарубежного и отечественного производства, предназначенных для проведения акустического поиска сквозных микронеплотностей в металлических конструкциях, упрощает внедрение акустической технологии испытаний конструкций на герметичность в отечественном судостроении. В результате производственных испытаний установлено, что, например, течеискатели марки ТУЗ-5М позволяют выявлять только крупные течи [2]. Эксплуатационными недостатками течеискателей марки УЗТ-Н и УЗТ-Г является их недостаточная помехоустойчивость [3], что значительно искажает действительную картину наличия сквозных микронеплотностей и вследствие интерференции возникающего акустического поля не гарантирует надежного контроля. Поэтому для этих целей применяют не-

контактные течеискатели, реагирующие на поле, создаваемое генератором акустических колебаний [4]. К ним относятся ультразвуковой дефектоскоп фирмы Mac-Gragog и отечественный акустический обнаружитель негерметичности марки УЗОН. Результаты их практического применения показали, что генератор акустических колебаний не всегда обеспечивает требуемое качество и надежность выявления сквозных микронеплотностей сварных соединений судовых конструкций, испытываемых на герметичность.

С целью выяснения причин недостаточной эффективности использования существующих неконтактных акустических течеискателей при контроле герметичности сварных соединений судовых конструкций выполнены исследования акустических полей, генерируемых истечением сжатого воздуха через каналы, образцов-имитаторов сквозных микронеплотностей типа капилляров и трещин с различными показателями натекания сжатого воздуха через их каналы. Каждый образец-имитатор характеризовался показателями натекания, выраженными значениями потока воздуха, истекающего через канал имитируемой микронеплотности за единицу времени (в секундах) при перепаде давления 0,1 МПа. При проведении исследо-

**Неконтактные акустические течеискатели**

Техническая характеристика	Отечественные						Зарубежные		
	ШЧТИ-1Э	УЗТИ-8М	ТУЗ-5М	УЗТ-Н	УЗТ-Г	УЗОН	Delcom	Helling	Mac-Gragog
Рабочий диапазон, кГц	36—44	34—40	35—40	38—40	38—40	37—43	35—45	35—45	37—41
Выявляемые минимальные сквозные микронеплотности, мм	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15	0,1	0,1
Напряжение источника автономного питания, Вт	9,0	9,0	6,0	9,0	4,5	8,5	9,0	9,0	12,0
Габариты, мм	210x160x90	285x60x40	207x32	235x160x70	200x120x70	190x82x32	—	170x115x45	260x70x80
Масса, кг	1,1	0,5	0,3	0,8	0,8	0,3	—	0,7	0,98

ваний образцы-имитаторы закрепляли в цанговом зажиме испытательного резервуара стенда (рис. 1). В резервуаре ступенями изменяли избыточное давление воздуха. Проходя через каналы образцов-имитаторов, воздух создавал различные уровни шума, которые воспринимались измерительным трактом, включающим микрофон, широкополосный усилитель и узкополосный анализатор спектра. Частотный диапазон измерительного тракта составлял 0,02...60 кГц. Для анализа сигналов в ультразвуковом диапазоне частот использовался метод транспонирования частот в область разрешения применяемого узкополосного анализатора типа 2033 фирмы «Брюль и Кьер».

В результате эксперимента установлено, что процесс истечения воздуха через имитаторы характеризуется спектром акустических полей (рис. 2) с неустойчивыми по величине и частоте узкополосными максимумами звукового давления. При сквозных микронеплотностях, характеризующихся показателем натекания от  $1 \cdot 10^{-1} \text{ м}^3 \cdot \text{Па/с}$ , и избыточном давлении воздуха 0,2...0,4 МПа создаются уровни звукового давления, достигающие значений 70...80 дБ в диапазоне от 10 до 70 кГц. При уменьшении избыточного давления до 0,1 МПа звуковое давление, создаваемое источником сжатого воздуха, пропорционально снижается до 50...55 дБ. Дальнейшее снижение избыточного давления ведет к уменьшению фоновых помех до уровня 20...25 дБ. Сквозные микронеплотности, характеризующиеся показателем натекания от  $1 \cdot 10^{-2}$  до  $1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \cdot \text{Па/с}$ , создают неустойчивые по величине и частоте узкополосные максимумы с уровнями 30...40 дБ. В отдельных случаях изменение избыточного давления до 0,005 МПа приводит к полному исчезновению звукового давления. Процесс истечения воздуха через микронеплотности, характеризующиеся показателем натекания порядка  $1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 \cdot \text{Па/с}$ , увеличивает звуковое давление на частоте 20 кГц при избыточном давлении воздуха 0,3...0,4 МПа.

Из приведенного примера видно, что с помощью существующих узкополосных акустических течейскаателей, предназначенных для выявления сквозных микронеплотностей в диапа-

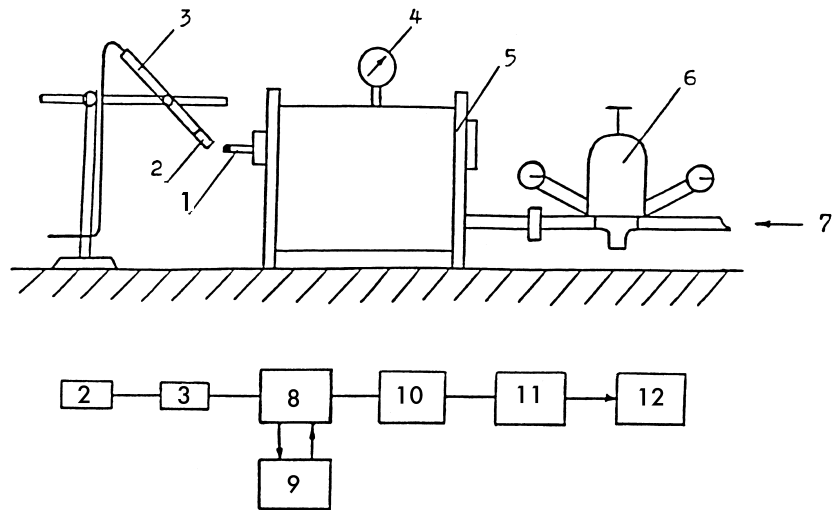


Рис. 1. Схема размещения оборудования и блок-схема тракта установки для исследования параметров акустического поля:

1 — образец-имитатор исследуемой микронеплотности; 2 — конденсаторный микрофон; 3 — согласующий усилитель; 4 — образцовый манометр; 5 — испытательный резервуар; 6 — редукционный клапан; 7 — подача сжатого воздуха из магистрали; 8 — измерительный микрофон; 9 — измерительный усилитель; 10 — фильтр верхних частот; 11 — узкополосный анализатор; 12 — регистратор

зоне от 35 до 45 кГц, не может быть проведен контроль локальной герметичности сварных соединений металлических конструкций с обеспечением необходимого качества и достоверности получаемых результатов. Для этого необходимо проведение спектрального анализа акустических полей, генерируемых истечением воздуха через каналы выявляемых микронеплотностей, и сопоставление результатов анализа с данными фоновой акустики в условиях производства. С учетом этого разработаны требования и изготовлен действующий макет анализатора акустических полей сквозных микронеплотностей, включающий в себя широкополосный конденсаторный микрофон, усилитель, аналого-цифровой преобразователь (АЦП), ПЭВМ, а также специализированную программу временного и спектрального анализа.

Особенностью разработанной программы является возможность проведения на ее основе спектрального анализа в диапазоне частот 1...100 кГц. Ее применение в режиме «частотной лупы» позволяет использовать десятикратное увеличение разрешения в частотных полосах. На экран дисплея выводятся два сигнала: один характеризует изменяющуюся фоновую помеху, а другой — локальные изменения сигнала при наличии акустического поля, генерируемого воздухом, истекающим через сквозную микронеплотность.

Предусмотрена возможность контроля сигнала во временной области в десяти полосах частот. Дальнейшие разработки на базе созданного макета позволяют создать акустические неконтактные течейскаатели нового поколения для локального поиска сквозных микронеплотностей в условиях постоянного контроля и оценки фоновой обстановки, осуществляя в процессе контроля локальной герметичности сопоставление принимаемых акустических сигналов, проведение акустической оценки выявленных сигналов на основе их спектрального анализа в диапазоне частот от 1 до 100 кГц.

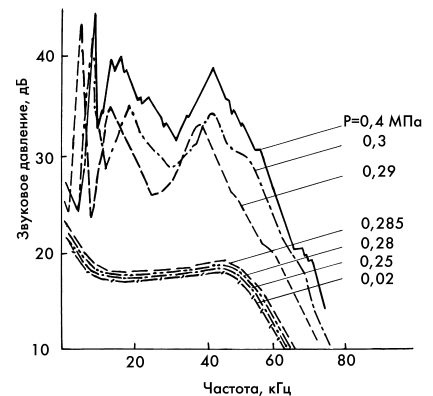


Рис. 2. Спектр акустического поля, создаваемого истечением сжатого воздуха через один из образцов-имитаторов сквозной микронеплотности, характеризующейся показателем натекания  $4,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \cdot \text{Па/с}$

Макет анализатора акустических полей сквозных микронеплотностей прошел два этапа испытаний: экспериментальное исследование взаимодействия программного и приборного обеспечения, а также экспериментальное определение порога чувствительности, характеризующего степень выявляемости сквозных микронеплотностей.

На первом этапе установлено следующее: контроль и регистрация фоновой обстановки отражаются на дисплее ПЭВМ в виде меняющегося во времени спектра шума; принимаемый акустический сигнал и фоновая обстановка могут регистрироваться одновременно на дисплее ПЭВМ в виде спектров различного цвета; наличие системы управления режимов измерений и записи спектров, отображаемых на дисплее ПЭВМ, обеспечивают возможность запоминания отобранных файлов, внесения их в каталог, вывода на печать и т. д.

Применение такой аппаратуры обеспечивает существенное повышение эффективности, например с использованием специальных каталогизаторов для повышения излучающей способности микронеплотностей.

Второй этап испытаний макета заключался в экспериментальном определении технологической применимости рассматриваемого метода контроля. В качестве основного критерия были приняты сравнительные показатели порога чувствительности течеискателя марки УЗОН и разработанного макета анализатора.

Согласно отраслевому стандарту [5] пороги чувствительности различных методов и средств контроля герметичности можно оценивать по их способности выявлять по показателям натекания минимальные сквозные микронеплотности. Поэтому значения исследуемых порогов чувствительности определяли экспериментальным путем. При этом применяли оснастку, основными составляющими которой являлись образцы имитаторов сквозных микронеплотностей и испытательный резервуар. В цанговом захвате резервуара последовательно устанавливали образцы-имитаторы. Первоначально испытывали

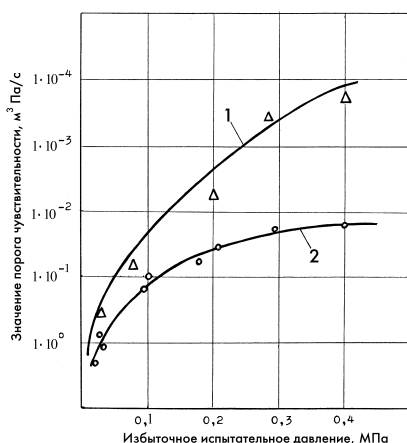


Рис. 3. Изменение порога чувствительности макета анализатора акустических полей сквозных микронеплотностей (1) и течеискателя марки УЗОН (2)

образцы, характеризующиеся наибольшим значением показателя натекания, затем последовательно (в порядке уменьшения показателя натекания) остальные образцы, независимо от того, представляли ли они микронеплотности в виде трещины или капилляра. Начальной ступенью для каждого образца-имитатора являлось испытательное давление воздуха 0,4 МПа. В процессе испытаний это давление снижали до нулевого ступенями — 0,3; 0,2; 0,1; 0,05; 0,03; 0,01 МПа. На каждой ступени с помощью течеискателя УЗОН или микрофона макета анализатора фиксировали наличие акустических сигналов по загоранию точек световой линейки (УЗОН) или по регистрации акустического сигнала на дисплее ПЭВМ (макета). При отсутствии сигнала на определенной ступени испытательного давления фиксировали значение порога чувствительности, соответствующее показателю натекания образца-имитатора. На основе результатов проведенных испытаний построен график сравнения порогов чувствительности прибора УЗОН и макета анализатора акустических полей сквозных микронеплотностей. На рис. 3 видны преимущества макета анализатора по порогу чувствительности. Кроме того, результаты испытаний показали, что использование программно-управляемого контроля герметичности акустическим методом позволяет:

получать объективную картину выявления сквозных микронеплотностей за счет отдельного контроля и регистрации фоновой обстановки, а также сопоставления принимаемого сигнала с регистрируемой фоновой обстановкой;

повысить надежность результатов контроля благодаря возможности спектрального анализа фиксируемого сигнала в широком диапазоне частот от 1 до 100 кГц с повышенным разрешением в заданном диапазоне;

улучшить условия проведения и оценки результатов контроля вследствие возможности представления спектральных зависимостей принимаемых сигналов, регистрируемого фона и изменения чувствительности принимаемого сигнала на экране дисплея.

Акустическим методом контроля при помощи программно-управляемых средств может быть проведена оценка локальной герметичности всех видов соединений металлических конструкций, а также элементов их насыщения, располагающихся в любых пространственных положениях и при различной степени доступности. При этом будет обеспечено повышение надежности, объективности и достоверности результатов поиска сквозных микронеплотностей. Метод акустического контроля герметичности при помощи программно-управляемых средств отмечен в 1999 г. дипломом IV международной выставки-конгресса «Высокие технологии, инновации, инвестиции» в Санкт-Петербурге.

**Литература**

1. Новые средства контроля герметичности конструкций/А. Я. Розин, В. М. Кузаков, В. Ф. Соколов и др.//Технология судоремонта. 1988. № 2.
2. Сладков В. Д. Чувствительность ультразвукового течеискателя ТУЗ-5М к выявлению калиброванных течей//Технология судостроения. 1974. № 7.
3. Ультразвуковой контроль герметичности корпусных конструкций/Е. Д. Анпинин, Ю. В. Волчков, В. К. Забоев//Технология судостроения. 1991. № 2.
4. Совершенствование инструментальных методов испытаний на герметичность и непроницаемость корпусных конструкций/А. Я. Розин, В. М. Кузаков, В. Е. Уткин и др.//Вестник технологии судостроения. 1998. № 4.
5. ОСТ5Р0170—81. Контроль неразрушающий. Металлические конструкции. Газовые и жидкостные методы контроля герметичности.

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЗАТРАТ ПРЕДПРИЯТИЯ-СТРОИТЕЛЯ НА ОСНОВЕ ПРЕДЛОЖЕНИЙ ЗАКАЗЧИКА СУДНА

А. Е. Клопов, канд. техн. наук (ГНЦ ЦНИИТС)

УДК 629.12:681.3

Оперативное определение затрат на постройку судна на стадии проработки предложений заказчика обеспечивает предприятию-строителю возможность, во-первых, заключения контрактов купли-продажи судов с прогнозируемой рентабельностью; во-вторых, согласования предстоящих затрат с исполнителями; в-третьих, получения необходимой информации для проведения обоснованной инвестиционной политики с целью повышения конкурентоспособности судов по фактору «Цена».

В статье А. Ф. Иконникова «Определение стоимости морских судов с учетом новых технических требований» (Судостроение, 2000, № 2) рассмотрены методы прогнозирования стоимости морских транспортных судов для заказчиков (судовладельцев).

Предлагаемый метод прогнозирования затрат на постройку судов на предконтрактной стадии разработок в целях повышения эффективности маркетинговой политики предприятий-строителей (продавцов).

Затраты определяются для каждого из 22 типов судов, рассмотренных в РД5Р.ГКЛИ-0502-184-94 [1], по следующим статьям: собственные работы; конструкционные материалы; материалы для технологических нужд; судовое комплектующее оборудование (СКО); изоляция; оснастка.

Анализ совокупности данных по материальным и трудовым затратам предприятий-строителей судов показывает, что структуры затрат отображаются, соответственно:

конечным асимметрическим графом  $G(X, \Gamma) : |X| < \infty; (x_i, x_j) \in G(X, \Gamma) \rightarrow (x_j, x_i) \in G(X, \Gamma), i \neq j;$

прадерево (частный случай графа  $G(X, \Gamma)$  с корнем  $x_0 \in X$ :

1.  $\Gamma^1 x_0 = 0$
2.  $|\Gamma^{-1} x_i| = 1$
3.  $\forall x_i \in X \rightarrow \{L_s(x_1 \dots x_i)\} = 0.$

Последовательные файлы, т. е. линейно упорядоченные последовательности записей одного типа, являются частным случаем прадеревьев.

В целях повышения эффективности компьютеризации прогнозирования затрат целесообразно указанные структуры данных унифицировать на основе реляционного подхода.

Как известно [1, 2], реляционный подход заключается в преобразовании произ-

вольных структур данных в вид совокупностей ( $n$ -местных) отношений, любая из которых может быть представлена двухмерной таблицей. На основе этого подхода спроектирована реляционная база данных (БД) для прогнозирования затрат, имеющая следующие преимущества: простота работы для пользователей, обладающих опытом работы с двухмерными таблицами; исключение необходимости программирования поисковых процедур при работе с БД; простота процедур актуализации; обеспечение секретности за счет выделения и изолирования массивов закрытых данных; отображение  $n$ -местных отношений при  $n > 2$ , а не только бинарных ( $n = 2$ ) для структур конечного асимметрического графа и прадерева; возможность введения алгебраических операций над отношениями.

Основной недостаток реляционной БД заключается в избыточности двухмерных таблиц по сравнению с другими структурами данных.

Реляционная структура БД обеспечивает типизацию процессов обработки информации набором типовых операторов.

Прогнозирование затрат на постройку судна осуществляется по минимальной номенклатуре параметров, предложенных заказчиком: тип судна и дедвейт. Переход от дедвейта к водоизмещению порожнем без жидких грузов и балласта производится с помощью соответствующего коэффициента (например, для танкера пр. 12990 и сухогруза пр. 1592 этот коэффициент, соответственно, равен 0,2359 и 0,3706). Эти параметры служат ключом для доступа к другим параметрам в БД, которые являются аргументами при определении затрат на постройку судна. При вводе значений параметров судна, указанных заказчиком, производится его регистрация в БД, при этом нормативно-справочная информация о судне копируется и идентифицируется. Регистрация одного и того же судна под разными идентификаторами позволяет хранить различные варианты затрат на его постройку.

При последующих обращениях к расчету затрат на постройку судна используется информация только по этому судну со значениями параметров, установленных в предыдущем расчете.

Каждому параметру в БД заданы минимальное и максимальное значения, и в этом диапазоне значения параметра могут изменяться или быть установлены по умолчанию (фиксировано). В этом случае они использу-

ются для получения предварительных затрат при регистрации судна, при этом участие пользователя сводится к запуску соответствующей программы после ввода значений параметров, указанных заказчиком.

Диапазоны возможных значений параметров в БД определяются доверительными интервалами.

Процесс формирования затрат на постройку судна в БД пошаговый, с детерминированной последовательностью шагов. Шаг процесса — это процедура, обрабатывающая очередную параметр или группу параметров с определением соответствующих затрат на постройку судна. Управление пользователями процессом формирования затрат осуществляется через управление значениями параметров, так как на каждом шаге пользователь может изменить значение параметра, установленное на предыдущем шаге, выбирая новое из его диапазона.

Нормативно-справочная информация представляет совокупность данных, формируемых на каждом шаге процесса формирования затрат специалистами, к компетенции которых эти данные относятся.

Распределение ответственности между подразделениями предприятия за достоверность нормативно-справочной информации по их заведению и установка значений параметров в процессе формирования затрат относятся к организационному обеспечению БД, регламентируемому нормативными документами предприятия-строителя.

Определение затрат на постройку судна по статье «Собственные работы» осуществляется следующим образом. Трудовые затраты являются функциями следующих входных параметров (аргументов): нормативнообразующие конструкторско-технологические параметры судов; социально-экономические параметры предприятий-строителей; нормообразующие конструкторские элементы судов и организационно-технические параметры производства предприятий-строителей.

Каждый тип судна (класс 36 Классификатора ЕСКД) характеризуется различными совокупностями входных параметров и их числовыми значениями.

Номенклатура нормативнообразующих и нормообразующих параметров является общей для проектов су-

дов всех видов (подкласс 361000), а также предприятий-строителей.

Количественные значения этих параметров в каждом конкретном случае определяются техническими характеристиками судна и организационно-технологическими характеристиками производственного процесса на каждом предприятии-строителе.

Социально-экономические параметры включают в себя расценки 1 чел.-ч вида работ рабочего среднего разряда и характеристики производственных условий в каждом цехе — исполнители работ.

Нормативнообразующие конструкторско-технологические параметры каждого типа судна являются входными реквизитами отраслевых нормативов трудоемкостей работ, заданных в табличной форме.

Однако использование многочисленных таблиц с большим количеством нормативов не соответствует требованиям информационных технологий решения поставленных задач. Вследствие этого таблицы отраслевых нормативов преобразованы в массивы реляционной БД, включающие функции регрессий нормативов трудоемкостей по водоизмещению порожнем без жидких грузов и балласта и социально-экономические параметры (табл. 1).

Для 1 чел.-ч расценки  $C_i$  судна  $i$ -го типа являются средневзвешенными величинами по данным предприятий-строителей и определяют по формуле

$$C_i = \sum_{j=1}^n C_{ij} \Delta \tau_{ij}, \quad i = \overline{1, 4},$$

где  $C_{ij}$  — расценка 1 чел.-ч работ по  $i$ -му судну в  $j$ -м цехе;  $\Delta \tau_{ij}$  — удельное значение трудоемкости работ  $j$ -го цеха в общей трудоемкости постройки  $i$ -го судна при условии нормирования  $\sum_{j=1}^n \Delta \tau_{ij} = 1, \quad i = \overline{1, 4}$ .

При прогнозировании трудовых затрат необходимо учитывать вероятностный характер нормативов трудоемкостей, поэтому требуется оценивать их функции регрессий в заданных областях на основе построения доверительных зон [3].

В качестве меры отклонения линейной функции регрессии  $f(V_i) = \alpha + \beta V_i$  от искомой функции  $y = a + b V_i$  необходимо определить верхнюю границу модуля разности  $|f(V_i) - y(V_i)|$ .

Нормированная величина  $|f(V_i) - y(V_i)| / [\sigma(f(V_i))]$  распределена по нормальному закону  $N(0, 1)$ , следовательно, мерой отклонения служит случайная величина  $\varepsilon(P)\sigma(f(V_i))$ , где  $\varepsilon(P)$  — функция доверительной вероятности  $P_d$ :

$$P_d \left( \frac{f(V_i) - y(V_i)}{\sigma(f(V_i))} \leq \varepsilon(P) \right) = \Phi(\varepsilon(P)).$$

Доверительные зоны функций регрессий нормативов трудоемкостей постройки судов приведены в табл. 2. Верхние границы доверительных зон определяют следующие максимальные значения трудовых затрат постройки морских транспортных судов при  $P_d = 0,90$  с учетом организационно-технических параметров —  $K_1$  — серийности строящегося судна (головное);  $(1 - K_{OTY})$  — снижения трудоемкости за счет организационно-технического уровня производства предприятия-строителя:

Танкеры (90,1–0,0003 $V_T$  + 4,274) $V_T C_T K_1 (1 - K_{OTY})$ ;

Сухогрузы (144,7–0,0094 $V_{S1}$  + 35,710) $V_{S1} C_{S1} K_1 (1 - K_{OTY})$ ;

Балкеры (138,3–0,0033 $V_{S2}$  + 36,042) $V_{S2} C_{S2} K_1 (1 - K_{OTY})$ ;

Ролкеры (166,3–0,0037 $V_{S3}$  + 29,870) $V_{S3} C_{S3} K_1 (1 - K_{OTY})$ .

При условии накопления статистических данных о динамике изменения цен на рынке материалов и СКО могут быть определены функции регрессий цен и сформированы рассмотренным способом доверительные зоны. На основе этого определяется себестоимость работ цехов-исполнителей с учетом калькуляционных отчислений, нормы которых заданы в БД. Себестоимость работ цеха включает следующие затраты: прямая и дополнительная заработная плата; отчисления на социальное страхование; расходы на содержание и эксплуатацию оборудования; накладные расходы.

Общезаводские расходы определяются на основе затрат цехов и норм калькуляционных отчислений. При их формировании определяются суммарная себестоимость цехов, накладные расходы завода, себестоимость работ завода, прибыль завода, НДС.

При определении затрат на постройку судна по статье «Материалы» осуществляется распределение массы судна порожнем по его элемен-

там до тех пор, пока не появится возможность распределить массу каждого элемента на массы основных конструктивных материалов, из которых он состоит.

Стоимость материалов определяется по справочнику цен, являющемуся составной частью БД.

Последовательность распределения массы судна порожнем на элементы на первом этапе: масса корпуса — на массы его элементов по нормативам ЦНИИТС; масса металлического корпуса — на массы его материалов по нормативам ЦНИИТС; масса судовых систем — на массы их материалов; масса изоляции корпуса — на массы материалов изоляции, различных в номенклатуре по цене; масса покрытий корпуса — на массы материалов покрытий, различных в номенклатуре по цене.

На втором этапе подсчитывается стоимость перечисленных материалов согласно справочнику БД, в котором указана цена 1 т каждого материала.

Потребность в материалах на технологические нужды определяется по нормам расхода материалов (в номенклатуре) на 1 чел.-ч работы рабочих основных судостроительных специальностей. Затраты вычисляются по справочнику материалов на технологические нужды БД, в котором указаны их цены.

Затраты на СКО определяются согласно справочникам типовых комплектов, соответствующих каждому типу судна, а также договорам на проведение шефмонтажных работ.

Затраты на изоляционные работы по судну состоят из затрат на работы по изоляции корпуса и затрат на изоляцию систем судового оборудования, включая стоимость изоляционных материалов. Стоимость изоляционных работ определяется калькулированием их трудоемкости, которая пропорциональна массе изоляции корпуса или изоляции трубопроводов систем и энергетического оборудования. Коэффициенты пропорциональности и нормы калькуляционных отчислений входят в БД.

Стоимость материалов на изоляцию трубопроводов систем и энергетического оборудования определяется процентным отношением к стоимости изоляционных материалов корпуса, которая зависит от типа судна и задается в БД.

Таблица 1

Функции регрессии нормативов трудовых затрат на постройку морских транспортных судов				
Тип судна	Обозначение	Аргумент		Норматив стоимости 1 чел.-ч/т, дол.
		Водоизмещение порожнем, т	Расценка 1 чел.-ч, дол.	
Танкер	361121	$V_T \in [5000; 35\ 000]$	$C_T$	$f(V_T)C_T = (90,1 - 0,0003V_T)C_T$
Сухогруз	361111	$V_{S1} \in [2000; 10\ 000]$	$C_{S1}$	$f(V_{S1})C_{S1} = (144,7 - 0,0094V_{S1})C_{S1}$
Балкер	361113	$V_{S2} \in [2000; 25\ 000]$	$C_{S2}$	$f(V_{S2})C_{S2} = (138,3 - 0,0033V_{S2})C_{S2}$
Ролкер	361116	$V_{S3} \in [3000; 20\ 000]$	$C_{S3}$	$f(V_{S3})C_{S3} = (166,3 - 0,0037V_{S3})C_{S3}$

Таблица 2

Доверительные зоны функций регрессии нормативов трудоемкости постройки морских транспортных судов					
Тип судна	Функция регрессии	$\sigma(f(V_i))$	$P_d$	$\varepsilon(P_d)$	Доверительная зона
Танкер	$f(V_T) = 90,1 - 0,0003V_T$	2,598	0,90	1,645	$90,1 - 0,0003V_T \pm 4,274$
			0,95	1,960	$90,1 - 0,0003V_T \pm 5,092$
			0,99	2,576	$90,1 - 0,0003V_T \pm 6,744$
Сухогруз	$f(V_{S1}) = 144,7 - 0,0094V_{S1}$	21,708	0,90	1,645	$144,7 - 0,0094V_{S1} \pm 35,710$
			0,95	1,960	$144,7 - 0,0094V_{S1} \pm 42,548$
			0,99	2,576	$144,7 - 0,0094V_{S1} \pm 55,920$
Балкер	$f(V_{S2}) = 138,3 - 0,0033V_{S2}$	21,910	0,90	1,645	$138,3 - 0,0033V_{S2} \pm 36,042$
			0,95	1,960	$138,3 - 0,0033V_{S2} \pm 42,944$
			0,99	2,576	$138,3 - 0,0033V_{S2} \pm 56,440$
Ролкер	$f(V_{S3}) = 166,3 - 0,0037V_{S3}$	18,158	0,90	1,645	$166,3 - 0,0037V_{S3} \pm 29,870$
			0,95	1,960	$166,3 - 0,0037V_{S3} \pm 35,590$
			0,99	2,576	$166,3 - 0,0037V_{S3} \pm 46,775$

Затраты на оснастку для постройки судна состоят из затрат на работы по изготовлению оснастки и стоимости необходимых для нее материалов. Затраты на изготовление оснастки определяются произведением трудоемкости связанных с этим работ и средней по заводу валовой стоимости 1 чел.-ч. Трудоемкость при этом обуславливается нормативами, а также зависит от типа судна и общей трудоемкости его постройки.

Для каждого типа судна нормативами задаются: границы диапазона значений, в котором может изменяться относительное значение трудоемкости работ на изготовление оснастки; значение из этого диапазона, установленное по умолчанию (фиксировано).

Средняя по заводу валовая стоимость 1 чел.-ч определяется при формировании себестоимости работ цехов предприятия-строителя как средневзвешенная по цехам.

Стоимость материалов, необходимых для изготовления оснастки, находится как сумма стоимостей материалов по номенклатуре, которые заданы в справочнике материалов БД. Общая масса материалов на изготовление оснастки зависит от типа судна и массы металлического корпуса.

С учетом изложенного можно сделать вывод о необходимости разработки для всех типов судов нормативных документов, устанавливающих:

коэффициенты перехода от дефайта к водоизмещению порожнем без жидких грузов и балласта;

распределение массы судна порожнем на массы его составных частей;

порядок актуализации справочников типовых комплектов СКО в части трудовых и материальных затрат на его установку (монтаж);

расход материалов на технологические нужды;

зависимость трудовых и материальных затрат от конструкторских характеристик составных частей судов.

Предлагаемый метод значительно сокращает продолжительность процесса прогнозирования затрат на постройку судна и повышает объективность предконтрактных проработок предложений заказчиков судов.

#### Литература

1. РД5Р.ГКПИ-0502-184-94. Трудоемкость постройки судов. Нормативы.
2. Глушков В. М. Основы безбумажной информатики. М.: Наука, 1987.
3. Брехов Д. А. Алгоритм формирования доверительных зон линейных функций регрессии нормативов трудоемкости постройки судов. ДРН<sup>о</sup> 3752.

# ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОТДЕЛ



# SMM 2000

SHIPBUILDING, MACHINERY & MARINE TECHNOLOGY INTERNATIONAL TRADE FAIR HAMBURG SEPT. 26–30, 2000

19-я международная специализированная выставка-ярмарка в области судостроения, судоходства, портового хозяйства, судового машиностроения и новейших морских технологий Shipbuilding Machinery and Marine Technology — SMM'2000, в которой ожидается участие свыше 1100 экспонентов из более чем 40 стран мира, пройдет 26–30 сентября 2000 г. в Гамбурге. Эта выставка проводится выставочной фирмой Hamburg Messe und Congress GmbH каждые два года и располагается в 12 павильонах на общей площади около 64 000 м<sup>2</sup>. По мнению специалистов она обеспечивает эффективное ознакомление с состоянием рынка судостроения, являясь самым значительным информационным форумом данной отрасли промышленности и, конечно, прекрасной стартовой площадкой для продвижения новых продуктов на мировой рынок. В этот раз страной-партнером выставки выступает Испания. Одновременно с выставкой предусмотрена организация конгрессов, симпозиумов, научных коллоквиумов, презентаций и пресс-конференций.

Основная тематика выставки: судостроение (проектирование, постройка и ремонт судов и

кораблей всех типов); верфи (сооружения и оборудования верфей); судовое оборудование и устройства; судовые двигатели; вспомогательное оборудование и системы для судов; порты и портовая техника; транспортные средства и погрузочно-разгрузочные системы для различных грузов; электротехника и электроника (коммуникационные и навигационные системы, системы управления судами, системы безопасности); морская и оффшорная техника; услуги (классификационные общества, консалтинг, финансирование, страхование, обучение и исследования, логистика); паросудостроения; средства массовой информации. В выставке SMM'98 приняло участие рекордное число фирм — 1134 из 42 стран. Число посетителей составило 36 703 чел. более чем из 50 стран, причем примерно половина из них — высшее или среднее звено управления, владельцы или совладельцы фирм. Как показал опрос, 96,1% участников SMM'98 заявили, что они выполнили поставленные задачи, и результаты выставки даже превзошли их ожидания.

На выставке SMM'2000 российские предприятия и органи-

зации выступят с коллективным стендом — самым значительным в истории участия России в этой выставке. В число участников национальной экспозиции, организованной ООО «Пролог» и представительством Hamburg Messe und Congress GmbH в Санкт-Петербурге и России, входят Санкт-Петербургский фонд поддержки промышленности, ЦНИИТС, ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова, ЦНИИ «Электроприбор», ЦНИИ «Морфизприбор», ЦНИИСЭТ, АООТ «ЭлектроРадиоАвтоматика», ГУП «Адмиралтейские верфи», АО «Пролетарский завод» и ЗАО ВТФ «Судмаш», АО «Судостроительный завод «Северная верфь», АООТ «Канонерский судоремонтный завод», ОАО «Балтийский завод», Российский Морской Регистр Судоходства, ОАО «Судостроительная фирма «Алмаз», ЗАО «Судостроительная компания АКО БАРСС», ОАО «Выборгский судостроительный завод», АО «Брянский машиностроительный завод» и ОАО «БМЗ-Дизель», ОАО «Компрессор», ОАО «Звезда», ОАО «Красный якорь», ОАО «Северо-Западное паросудостроение», Пермская научно-производственная приборостроительная компания.





## «ИНРЫБПРОМ-2000»

21—25 июня в выставочном комплексе Ленэкспо в Санкт-Петербурге прошла 7-я международная выставка современных средств воспроизводства и использования водных биоресурсов «Инрыбпром-2000». Более 450 российских и иностранных фирм и организаций из 25 стран мира представляли в трех павильонах на площади более 10 000 м<sup>2</sup> рыбопромысловые суда, орудия промышленного рыболовства, оборудование для добычи рыбы и морепродуктов, их переработки, хранения и т. д.



Выборгский судостроительный завод, СРЗ «Нерпа», «Северная верфь», ЦНИИТС, «Звездочка», «Красный якорь», Морсвязьспутник, «Морское судостроение», «Редан-КБ», Российский Морской Регистр Судоходства, Ярославский судостроительный завод, Ахтарская судостроительная верфь, Астраханская судостроительная верфь и другие предприятия и организации, имеющие отношение к судостроению, представили проекты новых рыбопромысловых судов, оборудование и устройства, современные технологии, а также свои производственные возможности.

Как отметил на пресс-конференции председатель Государственного комитета РФ по рыболовству

Ю. П. Синельник, динамика развития отрасли в последние годы имела отрицательный вектор практически по всем направлениям. Существенно снизилось среднечеловеческое потребление рыбных продуктов — с 20,3 кг в 1990 г. до 12,6 кг в 1999 г. (в 1985 г. было 22,5 кг). За 1990—1999 гг. улов сократился с 7,3 до 4,2 млн т, причем в открытой части Мирового океана российские уловы снизились почти в девять раз — с 1,114 до 0,131 млн т. Добыча дальневосточных крабов — одного из самых дорогостоящих объектов промысла — возросла с 22,3 тыс. т в 1990 г. до 66,4 тыс. т в 1999 г. Сейчас главная задача — всемерная интеграция рыбопромышленного комплекса в экономику страны, принятие необходимых законодательных актов, которые обеспечат экономические



предпосылки для его возрождения на новом качественном уровне.

В дни работы выставки в Государственной Думе заканчивалась подготовка к рассмотрению на пленарном заседании во втором чтении законопроекта федерального закона «О рыболовстве и о сохранении водных биологических ресурсов», вопрос о необходимости которого поднимался еще в 1992 г. в Верховном Совете РФ, а в первом чтении проект был принят Думой в

октябре 1996 г., но затем был трехлетний период его «торможения».

«В новых экономических условиях Россия остро нуждается в четких правилах регулирования рыбохозяйственной деятельности, охраны и воспроизводства водных биологических ресурсов. Россия — единственная крупная рыболовная держава, не имеющая базового закона о рыболовстве с 1917 года», — заявил председатель Комитета по природным ресурсам и природопользованию Госдумы А. С. Беляков. Отсутствие таких правил обуславливает многочисленные нарушения в отрасли, огромные потери для страны. Согласно приведенной на заседании Комитета экспертной оценке Госкомрыболовства речь идет об убытках, как минимум 1 млрд дол. ежегодно. Законопроект вводит пользование водными биоресурсами в режим правового поля, регламентируя права и обязанности как пользователей, так и органов государственной власти. Одним из достоинств законопроекта является то, что, наконец, устанавливается открытое и гласное распределение квот вылова водных



биоресурсов через проведение аукционов и конкурсов.

В статье использованы данные из подготовленного Госкомрыболовством сборника «Рыбное хозяйство России на рубеже веков» (Москва, 2000 г., авторы — Я. М. Азизов, С. А. Студеницкий, Ю. А. Шпаченков).



Количественный и возрастной состав флота рыбного хозяйства							
Группа судов	Количество	Возраст судна, лет					Число судов, превысивших нормативный срок службы, %
		до 5	6—10	11—15	16—20	более 20	
<b>Добывающие</b>	<b>2348</b>	<b>115</b>	<b>414</b>	<b>482</b>	<b>477</b>	<b>860</b>	<b>51,6</b>
крупные	28	—	16	6	3	3	10,7
большие	266	8	38	47	82	91	33,8
средние	1020	76	186	244	212	302	37,0
малые	348	5	22	30	71	220	86,8
маломерные	686	26	152	155	109	244	64,1
<b>Обрабатывающие</b>	<b>74</b>	<b>2</b>	<b>11</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>52</b>	<b>70,3</b>
плавбазы	33	1	7	2	6	17	51,5
производственные рефрижераторы	41	1	4	—	1	35	85,4
<b>Транспортные рефрижераторы:</b>	<b>477</b>	<b>14</b>	<b>73</b>	<b>106</b>	<b>104</b>	<b>108</b>	<b>45,7</b>
неограниченного района плавания	244	3	39	64	54	84	46,3
ограниченного района плавания	233	11	34	42	50	96	45,1
<b>Вспомогательные</b>	<b>96</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>21</b>	<b>17</b>	<b>45</b>	<b>60,4</b>
<b>ВСЕГО</b>	<b>2995</b>	<b>137</b>	<b>505</b>	<b>611</b>	<b>605</b>	<b>1137</b>	<b>51,4</b>

Весьма остро стоит и проблема обновления рыбопромыслового флота. Для его решения предусматривается, в частности, выдача государственных гарантий на квоты на весь период окупаемости новых судов, построенных на отечественных верфях. В российских экономических зонах будут вести лов только суда

под российский флаг и с нашими экипажами.

Флот — основа материально-технической базы рыбного хозяйства России. На 1 января 1999 г. — это 2995 судов с главным двигателем мощностью 55 кВт и более, в том числе 2348 добывающих, 74 обрабатывающих, 477 транспортных и 96 вспомогательных. При этом только 4,2% всех судов является государственной собственностью, а подавляющая часть принадлежит акционерным обществам, товариществам, колхозам, другим негосударственным предприятиям. По валовой вместимости добывающего судна распределяются следующим образом: 4000 рег. т и более — 3%; 2000—3999 рег. т — 16%; 1000—1999 рег. т — 11%; 500—999 рег. т — 39%; 100—499 рег. т — 31%. Среди обрабатывающих судов — 33 плавбазы и 41 производственный рефрижератор. Наибольшую часть транспортного флота составляют рефрижераторы (244 ед.). К вспомогательным относятся научно-исследовательские

и учебные суда, танкеры и спасатели, портофлот и др.

Флот рыбного хозяйства — в основном старый. Более 51% судов эксплуатируется свыше нормативного срока. Всего 4,6% судов имеет возраст до 5 лет, 16,9% — 6—10 лет, 20,4% — 11—15 лет, 20,2% — 16—20 лет, 37,9% — более 20 лет. Эксплуатация старых судов, естественно, требует увеличения затрат на ремонтные и модернизационные работы, что в итоге сказывается на цене продукции. Кроме того, сравнение характеристик судов, приобретенных за рубежом в 90-е годы, а также иностранных рыболовных судов последних лет постройки с отечественными судами, построенными по проектам 60—80-х годов, показывает, что технический уровень последних значительно ниже. Так, у зарубежных современных траулеров удельная энерговооруженность в 1,5—5,5 раза, а производительность технологического оборудования в 2—8 раз выше на одного члена экипажа.

В условиях становления рыночных отношений эксплуатация крупнотонажных плавбаз стала экономически невыгодной. Из-за резкого сокращения экспедиционного промысла специализированные транспортные рефрижераторы-снабженцы оказались невостребованными.

Анализ состояния и результатов использования флота рыбного хозяйства России в последнее десятилетие позволяет сделать три главных вывода: во-первых, нарастает физический износ и моральное старение флота, во-вторых, происходит некомпенсируемое сокращение численности почти всех групп отраслевого флота и, в-третьих, бессистем-

[окончание — на стр. 60]





## Государственный научный центр Российской Федерации ЦНИИ ТЕХНОЛОГИИ СУДОСТРОЕНИЯ

Федеральное государственное унитарное предприятие

Основан в 1939 г. Является одним из крупнейших научных учреждений Санкт-Петербурга, ведущим технологическим центром судостроительной промышленности России.

Представляет собой многопрофильный научно-производственный комплекс, имеющий в своем составе научно-исследовательские лаборатории, оснащенные современными средствами постановки эксперимента и обработки результатов исследований, конструкторские и проектные подразделения, в том числе производственные мощности для изготовления разрабатываемого оборудования, а также службы, обеспечивающие международные связи, маркетинг и рекламно-издательскую деятельность. Обладает солидным научно-техническим и кадровым потенциалом, способным решать любые проблемы современного судостроительного производства.

В состав ЦНИИТС входят:

- ◊ Проектная фирма «Союзпроектверфь»
- ◊ Конструкторское бюро «Армас»
- ◊ Конструкторское бюро «Восток»
- ◊ Научно-техническая фирма «Судотехнология»
- ◊ Производственная фирма «Судомех»
- ◊ Экспортно-промышленная фирма
- ◊ Специализированное отделение «Поли-информ»

Три испытательные лаборатории ЦНИИТС, аккредитованы в системе сертификации Госстандарта России и Российского Морского Регистра Судоходства:

- ◊ Испытательный центр «Ритм», осуществляющий контроль условий труда на судостроительных предприятиях
- ◊ «ЦНК-Судопласт» — испытательный центр оборудования, композиционных материалов и конструкций для судостроения
- ◊ Сварочно-испытательный центр

### Основные направления деятельности и научно-техническая продукция

- Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в области технологии судостроения и судоремонта
- Создание автоматизированных систем технической подготовки судостроительного производства
- Методы и средства контроля технологических параметров и испытаний судов, снижения шума и вибрации в судовых помещениях
- Разработка композиционных материалов, технология утилизации экологически опасных объектов, вопросы охраны труда в судостроении
- Разработка и поставка универсальных модульных систем «Росун» для обстройки судовых помещений
- Изготовление и поставка сварочного оборудования, в том числе с ЧПУ, а также постов для ручной дуговой сварки на основе инверторных источников тока типа «Пирс»
- Восстановление изношенных поверхностей изделий методом механизированной плазменной наплавки порошковыми металлическими материалами
- Технологии и оборудование для подготовки поверхностей под окраску, многофункциональные лакокрасочные покрытия
- Неразрушающий контроль и дефектоскопия конструкций, изделий и покрытий
- Прогрессивные технологии изготовления судовых конструкций, монтажа судового оборудования и трубопроводов, эксцентриковые соединения валов, инструментальные методы согласования вооружения при постройке, модернизации и эксплуатации кораблей
- Новое поколение трубогибочных станков и машин термической резки с ЧПУ
- Проектирование верфей и судоремонтных предприятий, гидротехнических сооружений, машиностроительных и приборных заводов отрасли, организация работ в области берегового базирования кораблей и судов
- Реконструкция, перепрофилирование и техническое перевооружение действующих предприятий и производств, инжиниринг, обоснование инвестиций
- Проектирование и изготовление судовой арматуры различного функционального назначения для жидких и газообразных сред, проведение испытаний и поставка арматуры на строящиеся и ремонтируемые корабли и суда
- Проектирование судов рыболовецкого флота, средств освоения ресурсов Мирового океана и других плавсредств различного назначения
- Издательская и рекламно-выставочная деятельность, патентные исследования, экспортно-промышленные поставки технологий и оборудования. Издание журнала «Судостроение»
- Институт имеет развитые научно-технические и экономические связи со многими странами мира, открыт для взаимовыгодного сотрудничества со всеми заинтересованными организациями



The State Research Center of the Russian Federation  
**THE CENTRAL RESEARCH INSTITUTE  
OF SHIPBUILDING TECHNOLOGY**

Federal state-owned unitary company

The CRIST ranks among the best research institutions of St. Petersburg and is the leading center of shipbuilding industry in Russia. It was established in 1939.

It is a multidisciplinary research institute incorporating well-equipped scientific laboratories able to carry out experiments and process results of the research; design subdivisions, including production facilities required for manufacturing and launching of the design equipment, as well as services responsible for international public relations, marketing and promotion activity.

The Institute has sound research and personnel potential, thus being capable of solving any problem faced by modern shipbuilding industry.

The CRIST incorporates the following units:

- ◇ Soyuzproyektverf Design Company
- ◇ Armas Design Bureau
- ◇ Vostok Design Bureau
- ◇ Sudotekhnologia Research Company
- ◇ Sudomekh Production Company
- ◇ Industrial Export Company
- ◇ Poly-Inform Specialized Subdivision

There are three test laboratories accredited by the Russian Standardization and Certification System (Gosstandart) and Russian Maritime Register of Shipping:

- ◇ Rhythm Testing Center supervising work conditions in shipbuilding industry
- ◇ CNK-Sudoplast Testing Center for equipment, composite materials and shipbuilding structures
- ◇ Welding and Testing Center

### Scope of activity and research products

- Scientific research and design in the domain of shipbuilding and ship repair.
- Development of automated systems for shipbuilding process control. Methods of preparation of ship specifications, tests, for control of noise and vibration aboard the ship.
- Development of composite materials and procedures for environmental protection, work safety issues in shipbuilding industry.
- Design and supply of Rosun all-purpose modular systems for outfitting of ship accommodations.
- Manufacturing and supply of welding equipment, including computer-controlled machines, and manual arch welding posts based on Pirs type inverters.
- Renovation of worn surfaces using plasma jet hard-facing with metal powder.
- Process and equipment for treatment of surfaces prior to painting.
- Multifunctional paints and varnishes.
- Non-destructive control and inspection of structures, units and coatings.
- Advanced procedure for manufacturing of ship structures, assembly of equipment and pipelines; eccentric shaft couplings;

instrumental methods for adjustment of weapons at construction, updating and operation of vessels.

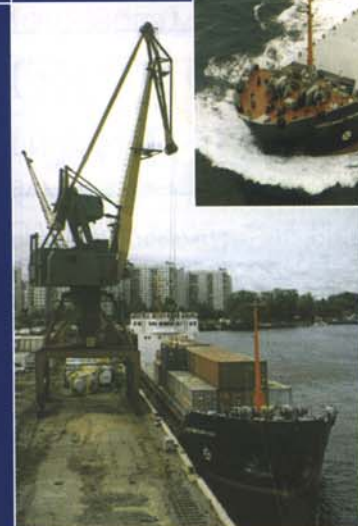
- A new generation of pipe-bending and computer-aided thermal cutting machines.
- Design of shipyards and ship repair works, hydroengineering systems, machine- and tool-building plants within the industry, arrangements and operation of naval bases and logistic support points.
- Reconstruction, renovation and refurbishment of existing yards and plants, engineering services and investment substantiation.
- Design and manufacturing of ship valves and fittings of various designation for liquid and gaseous media; test and supply of the fittings to ships and vessels under construction and repair.
- Design of fishing boats, World ocean resources exploration vessels and other floating structures of various designation.
- Advertising and promotion, publishing, patent studies, export of technologies and equipment. The publisher of magazine «Sudostroyeniye» («Shipbuilding»).
- The CRIST has developed scientific and business links with many nations worldwide. It is open for mutually beneficial cooperation with any interested party.

**CRIST, 7 Promyshlennaya Street, St Petersburg, 198095, Russia**

Telephone (812)186 0401; 186 0429. Fax: (812)186 0459. E-mail: cniits@telegraph.spb.ru



# ОАО "СЕВЕРО-ЗАПАДНОЕ ПАРОВОДСТВО"



**Компания имеет 35-ти летний опыт перевозки грузов  
в экспортно-импортном сообщении и устойчивый авторитет  
на рынке транспортных услуг.**

190000, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 37.

Телефон: (812) 312 27 52 (генеральный директор)

(812) 312 68 96 (фрахтовый отдел)

Телефакс: (812) 312 03 59

E-mail: [nwsc@nwsc.spb.ru](mailto:nwsc@nwsc.spb.ru) Internet-page: <http://www.nwsc.spb.ru>



ное и некомплексное обновление флота связано с отсутствием единой государственной политики в области развития отраслевого флота.

Если в 1950—1990 гг. отрасль получила 5445 судов с мощностью главного двигателя 55 кВт и выше (5144 добывающих, 93 обрабатывающих и 208 транспортных), то за 1990—1998 гг. — только 528. В 1999 г. отечественные верфи сдали

21 судно, и в различных стадиях готовности было еще 43 промысловых судна.

ГУП «Гипрорыбфлот» — научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт по развитию и эксплуатации флота — разработал проектные предложения аналогов перспективных добывающих судов.

Решение проблемы возрождения промыслового флота связано с формированием соответствующего пакета законодательных и нормативных актов РФ в области налогообложения, ценообразования, инвестиционной и таможенной политики, создания благоприятных условий для поставки судов с российских верфей.

Судоремонтная база рыбной отрасли представлена сейчас 40 судоремонтными заводами (СРЗ), базами технического обслуживания и др. Имеется 49 плавдоков грузоподъемностью от 1000 до 20 000 т, 12 слипов (200—1500 т) и 107 стапельных мест. Судостроительные мощности используются менее чем на 20%. В начале 90-х годов в отрасли строились только



мелкие суда типа ПТС и РПБ (около 20 в год). К 1999 г. судостроение сохранилось только на Астраханской судовой верфи и Гайдамакском СРЗ (4 судна в год).

В целом же, устойчивое развитие рыбного хозяйства России предполагается только после 2010 г. Главная задача сейчас — преобразование отрасли в конкурентоспособный комплекс, который, обеспечивая продовольственную безопасность страны, был бы интегрирован в систему мирового хозяйства на равноправных и взаимовыгодных условиях.

## НОВЫЕ СУДА НОВОРОССИЙСКОГО МОРСКОГО ПАРОХОДСТВА

Для обновления своего танкерного флота ОАО «Новороссийское морское пароходство» («Новошип») заказало в 1997 г. японской верфи Nippon Kokan (NKK) серию из шести танкеров типа афрамекс для пе-

ревозки сырой нефти дедвейтом по 106 000 т. Стандартный проект МХ, разработанный NKK, был модифицирован в соответствии с требованиями заказчика, в частности, в отношении грузовых операций. При проекти-

ровании использовался комплект компьютерных программ Ship Right классификационного общества Lloyd's Register. Танкер имеет двойные борта и днище, шесть пар грузовых танков, два отстойных танка; относительно небольшая для этого класса судов осадка (14,73 м) обеспечивает расширение числа портов захода.

Контракт на головное судно «Moscow» был подписан 5 февраля 1997 г., спуск на воду состоялся 10 июля 1998 г., а сдача — 12 ноября 1998 г. Основные элементы и характеристики танкера: наибольшая длина 243 м, длина между перпендикулярами 233 м, ширина 42 м, высота борта 20,7 м, осадка по летнюю ватерлинию и проектная — 14,73 и 14,03 м, дедвейт — соответственно 106 553 и 100 152 т, валовая вместимость 56 076 рег. т, объем грузовых танков 120142 м<sup>3</sup>, мощность главного двигателя фирмы Diesel United марки Sulzer



Головной танкер «Moscow» построен японской верфью NKK по заказу ОАО «Новороссийское морское пароходство»



**ДАВИДУ ГУСЕЙНОВИЧУ ПАШАЕВУ**

**60 ЛЕТ**

**19 июля исполнилось 60 лет Давиду Гусейновичу Пашаеву** – президенту Государственного Российского центра атомного судостроения, генеральному директору ГУП «ПО «Северное машиностроительное предприятие»», академику Санкт-Петербургской инженерной академии, крупному организатору отечественного судостроения.

Работая на флагмане отечественного подводного кораблестроения в качестве сдаточного механика, главного сдатчика, начальника производства, главного инженера и генерального директора, построив лучшие в мире подводные крейсера третьего поколения, Д. Г. Пашаев внес огромный вклад в дело создания ракетного щита нашей Родины.

В тяжелые перестроечные годы Д. Г. Пашаеву удалось сохранить высокотехнологичное предприятие и профессиональный коллектив. В настоящее время Государственный Российский центр атомного судостроения успешно развивается в сложнейших условиях рыночной экономики и конверсии оборонных отраслей промышленности. Наряду с традиционной для предприятия продукцией, ГУП «ПО «Севмаш» осваивает новые направления деятельности – постройку буровых установок, судов торгового флота, ремонт и модернизацию атомных надводных кораблей.

За особые заслуги в создании Российского флота Давид Гусейнович награжден орденами Октябрьской революции и Трудового Красного Знамени, а Указом Президента Российской Федерации от 21 июля 1995 г. Д. Г. Пашаеву присвоено звание Героя России.

В связи с юбилеем все судостроители отрасли желают Вам, Давид Гусейнович, крепкого здоровья, личного счастья и дальнейших успехов в Вашей ответственной работе.



# 70 лет

## ЮРИЮ МИХАЙЛОВИЧУ КОНОВАЛОВУ

**6 августа исполнилось 70 лет Герою России,  
генеральному конструктору ряда проектов СПМБМ  
«Малахит» Юрию Михайловичу Коновалову**

После окончания в 1954 г. Ленинградского кораблестроительного института по специальности инженер-кораблестроитель он был направлен на преподавательскую работу в техническое училище ВМФ, а в 1958 г. переведен конструктором I категории в проектный отдел ЦКБ-18, где занимался статикой подводных ракетноносцев 1-го поколения (ПЛ пр. 658, 659, 667, 675), активно участвуя в работе общественного конструкторского бюро ЦКБ-18 по созданию проекта первого отечественного глубоководного научно-исследовательского аппарата «Наука». В 1963 г. его назначают ведущим конструктором в сектор перспективного проектирования. Именно здесь в полной мере проявились талант и инженерная эрудиция Юрия Михайловича в разработках новых подводных ракетноносцев и экспериментальных глубоководных лодок.

В 1965 г. он был переведен в группу главного конструктора Ю. К. Сапожкова, где руководил разработкой глубоководных средств для научно-исследовательских и подводно-технических работ, проявив себя незаурядным организатором проектно-исследовательских работ.

В 1970 г. глубоководная тематика передается в ЦПБ «Волна», и Ю. М. Коновалов в качестве заместителя главного конструктора руководит разработкой проекта, рабочей конструкторской документации, ведет конструкторское сопровождение, обеспечивая постройку первого отечественного глубоководного научно-исследовательского аппарата с новой энергетикой.

В 1988 г. он становится главным конструктором, а в 1994 г. – генеральным конструктором проектов глубоководных средств СПМБМ «Малахит».

Проявляя в течение многих лет свой яркий талант инженера, огромную волю, настойчивость и энергию, преодолевая трудности и неверие в возможность реализации задуманных решений, Юрий Михайлович создал школу проектирования уникальных глубоководных научно-исследовательских средств освоения океана, внеся значительный вклад в разработку оригинальных корпусных конструкций, новых видов материалов и технологий, нетрадиционных энергетических установок, систем и устройств, защищенных авторскими свидетельствами на изобретения.

За обеспечение строительства первых отечественных глубоководных средств с новой энергетикой и участие в качестве технического руководителя в их глубоководных погружениях Ю.М. Коновалов в 1993 г. удостоивается высокого звания Героя России.

В 1998 г. за большой вклад в развитие глубоководной тематики его награждают орденом «За заслуги перед Отечеством» II степени. В настоящее время Юрий Михайлович является ведущим специалистом в этом направлении отечественного кораблестроения.

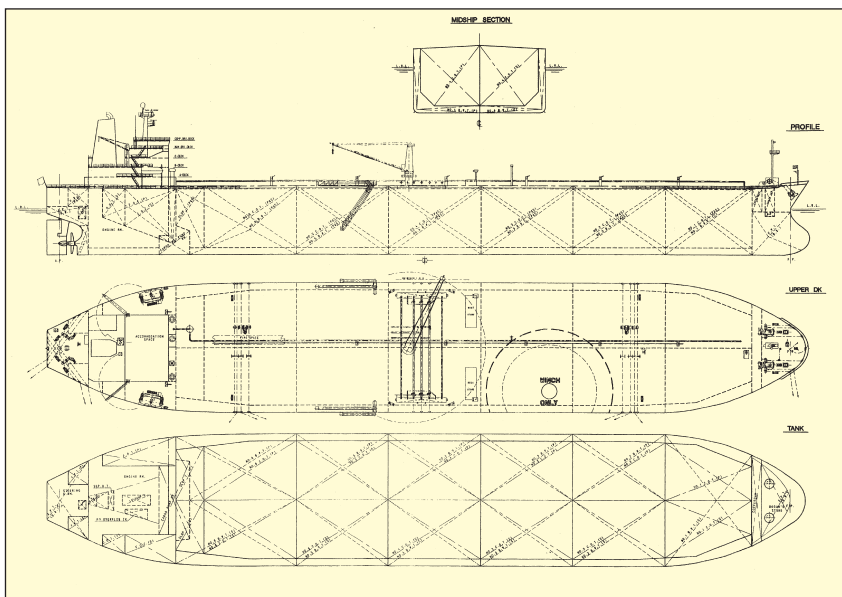
Коллектив СПМБМ «Малахит», редакция журнала «Судостроение», все кораблестроители сердечно поздравляют Юрия Михайловича Коновалова со славным юбилеем и желают дальнейших творческих успехов, человеческого счастья, здоровья и неиссякаемой бодрости.

6RTA58T составляет 12 000 кВт при 103 об/мин, эксплуатационная скорость 14,7 уз, экипаж 21 чел.

Гребной винт фиксированного шага имеет диаметр 6,75 м. С целью экономии топлива руль снабжен бульбовидной наделкой («SURF-Bulb»), разработанной NKK.

По сравнению со стандартным проектом на танкере увеличена мощность электрогенераторов с 3 x 540 кВт до 3 x 640 кВт — в соответствии с мощностью грузовых электронасосов и для обеспечения возможности использования во время рейса лишь одного генератора. Для дизель-генераторов и главного двигателя предусмотрены разные виды топлива и отдельные системы его подачи. Объем цистерн для мазута равен 3010 м<sup>3</sup>, для дизельного топлива — 303 м<sup>3</sup>. На судне установлены два паровых котла мощностью 2 x 25 т/ч.

Танки частично окрашены модифицированной эпоксидной краской. Три грузовых центробежных насоса подачи по 2500 м<sup>3</sup>/ч обеспечивают одновременную загрузку трех сортов жидкого груза. Установлены системы подогрева груза, контроля уровня, мойки тан-



Общее расположение танкера «Moscow» дедвейтом 106 000 т

ков. Особое внимание судовладельцем было уделено усовершенствованию балластной системы. Кроме двух насосов подачи по 2 x 1800 м<sup>3</sup>/ч смонтирован насос для ускоренной дебалластировки (3000 м<sup>3</sup>/ч). Насосное отделение — единое и располагается перед машинным отделением.

Танкер «Moscow» эксплуатируется компанией-оператором Intrigue Shipping Inc. под либерийским флагом. Судно включено в сборник «Significant Ships of 1999», издаваемый RINA (Лондон).

Названия следующих построенных судов — «Moscow Kremlin», «Moscow River», «Moscow University».



# TOP MARINE Co. Ltd

фотолюминесцентные знаки ИМО  
низкорасположенное освещение  
знаки безопасности



ПРОИЗВОДСТВО И ПОСТАВКА

В ЛЮБУЮ ТОЧКУ СНГ  
В ТЕЧЕНИЕ 3 РАБОЧИХ ДНЕЙ

РАБОТА БЕЗ ВЫХОДНЫХ ДНЕЙ  
ДЛЯ ПОСТОЯННЫХ КЛИЕНТОВ - ГИБКАЯ СИСТЕМА СКИДОК

Тел.: +7 812 259 8045, 259 8155, 962 2115, 965 1207, 967 1641  
Факс: +7 812 327 4173; E-mail: topmarin@mail. wpus. net;  
РОССИЯ, Санкт-Петербург, Гапсальская ул. дом 3



ISO 9002



CERTIFY



## НОВЫЕ ПРОЕКТЫ КОРАБЛЕСТРОИТЕЛЕЙ УКРАИНЫ

Прошло более полутора лет после публикации в нашем журнале обзорных материалов о состоянии судостроительной отрасли в независимой Украине (см. «Судостроение», 1999, №1, стр. 60—69). Последние годы характерны для отрасли стремлением выйти на международный рынок с военно-морской продукцией. Это, прежде всего, проекты новых кораблей, а также уже освоенные образцы.

Минувший год продемонстрировал возросшую активность в кораблестроительной сфере. Во-первых, началось некоторое оживление на судостроительных заводах Украины. Переименовав недостроенный четвертый ракетный крейсер пр. 1164 «Адмирал флота Лобов» в «Украину», его объявили будущим флагманским кораблем украинских ВМС и начали активно достраивать.



Новый патрульный катер

Конечно, на фоне экономических неурядиц общественность неоднозначно восприняла такое решение властей, в прессе продолжается дискуссия о целесообразности достройки корабля для ВМС страны. После передачи Черноморскому флоту России ракетного крейсера «Москва» специалисты николаевского госпредприятия «Судостроительный завод им. 61 коммунара» провели дефектацию крейсера «Украина», выполнили необходимые работы для вселения личного состава. На повестке дня стоит вопрос о возобновлении швартовых испытаний и «оживлении» энергетической установки.

Во-вторых, президент киевского АО «Судостроительный завод «Ленинская Кузница»» (а по сути владелец) г-н Порошенко добился возобновления финансирования строительства 13-го МПК пр. 1124М «Альбатрос» (корвета — по украинской классификации). Известно, что военное ведомство испытывает значительные финансовые проблемы в части закупки нового вооружения, поэто-

му можно ожидать, что состав вооружения и технических средств этого корабля скорее всего не будут соответствовать проектным, поскольку его придется формировать из «неликвидов» бывшей советской кораблестроительной программы, оставшихся на складах украинских судозаводов.

В-третьих, контракт, заключенный компанией «Укрспецэкспорт» (аналог «Росвооружения») на поставку в Грецию двух десантных кораблей на воздушной подушке пр. 12322 «Зубр», вдохнул свежую струю в жизнедеятельность феодосийского ПО «Море» — строителя этих кораблей. По сообщениям украинской прессы, стоимость контракта составляет порядка 100 млн дол. США, при этом работой будут обеспечены не только судостроители, но и николаевские газотурбостроители завода «Заря», так как на каждом «Зубре» по пять газовых турбин. А если учесть, что аналогичный контракт подписан также Грецией и Россией, то предпродажная подготовка двадцати газотурбинных двига-



Корвет «Мистраль-1500Т»

телей и редукторов — хороший объем работы для машиностроителей.

Следует отметить, что николаевские турбостроители (ЮТЗ «Заря» и НПП «Машпроект») принимают активное участие и в реализации ряда российских проектов — индийского контракта на постройку трех фрега-

тов пр. 11356 (Северное ПКБ/Балтийский завод), поставляя газотурбинные агрегаты; разрабатывают новую дизель-газотурбинную установку для ракетного катера пр. 12300 «Скорпион» (ЦМКБ «Алмаз»); успешно провели испытания нового агрегата для новейшего российского многоцелевого корабля «Новик» (ЦМКБ «Алмаз»/завод «Янтарь»).

Предприятия государственной акционерной холдинговой компа-



Патрульный катер «Универсал»

нии «Черноморский судостроительный завод» (ЧСЗ) спроектировали и построили новый для себя тип судна — морской буксир.

Появились новинки и в катеростроении. Специалисты ФПО «Море» оказали техническое содействие Вьетнаму в проектировании и строительстве патрульного катера. Головной катер водоизмещением порядка 40 т, развивающий скорость хода ок. 38 уз,

вступил в строй летом прошлого года. А в Николаеве, на Черноморском судомеханическом заводе, в это же время передали морпогранчастям Украины головной пограничный катер водоизмещением ок. 8 т.

Пытаются не отставать от судостроительных заводов и проектанты. На

Основные проектные тактико-технические характеристики новых кораблей и катеров \*

Характеристика	Тип и класс корабля					
	«Кондор», фрегат	«Сапсан», фрегат	«Мистраль» корвет	«Мираж», корвет	«Универсал», патрульный катер	«Горза», бронекатер
Размерения, м	123x15x4,4	105x12,8x3,5	90x11x3,2	76x10,1x3,2	44x10x2,2	21x4x0,6
Водоизмещение, т	3850	2300	1465	1150	330	32
Тип ЭУ	CODAG	CODOG	CODAG/CODAD	CODAG	CODAG	Дизельная
Скорость хода, уз	32	32	32	35	42	29
Дальность плавания, миль (при скорости, уз)	6500 (14 уз)	5000 (18 уз)	4000 (15 уз)	3500 (14 уз)	2500 (12 уз)	250 (10 уз)
Автономность, сут	30	21	14	10	10	5
Экипаж, чел.	174	129	92	60	31	6
Вооружение:						
управляемое ракетное	2x4 — ПКР «Экзосет»	2x4 — ПКР «Уран-Э»	2x4 — ПКР «Гарпун»/«Экзосет»	2x4 — ПКР «Экзосет»	—	ПТУР «Конкурс»
зенитное управляемое ракетное	ЗРК СД (2x8 ПУ Мк41 с ЗУР «Стандарт-2» и «Си Спарроу») ЗРК МД (2x8 ПУ ЗРК «Барак-1»)	3x8 (ЗРК «Клинок»)	4x8 (ЗРК «Барак-1»)	2x8 (ЗРК «Барак-1»)	2x2 «Стрела»/ «Игла-1»	—
противолодочное	АСРОК (в ПУ Мк41) РБУ-6000 ТА 324-мм	ТА 1x4 — 400-мм	ТА 2x3 — 324-мм	ТА 2x2 — 324-мм	—	—
артиллерийское	1x127-мм ОТО «Бреда» 2, 2x6-30-мм АК-630М1-2	1x100-мм А190 2, 1x6-30-мм АК630М	1x76-мм ОТО «Бреда»1x4-25-мм «Си Зенит»	1x76-мм ОТО «Бреда» 1x7-30-мм «Голкипер»	1x40-мм «Бофорс» 2x2 — 23-мм 3У-23-2МР	1x30-мм АУ 1x30-мм АГС17 1x14,5-мм 2x7,62-мм 2x20—РЗСО УБ20М
радиотехническое	РЛС большой дальности РЛС средней дальности РЛС загоризонтного ЦУ Комплекс РЭБ ГАС с подкильной и буксируемой антеннами	РЛС большой дальности РЛС загоризонтного ЦУ Комплекс РЭБ ГАС с подкильной и буксируемой антеннами		РЛС средней дальности РЛС загоризонтного ЦУ Комплекс РЭБ ГАС с подкильной и буксируемой антеннами	—	—
авиационное (вертолет)	«Когуар» / Ка-28 (ангар)	«Линкс»/ «Дельфин» (ангар)	«Си Хок» SH-60 (ВППл)	«Линкс» (ВППл)	—	—

\* По данным рекламных проспектов КИПЦК.

крупных международных выставках с новыми проектами боевых кораблей и катеров выступает Казенный исследовательско-проектный центр кораблестроения (Николаев) — бывшее Южное ПКБ (филиал Северного ПКБ). Это предприятие (КИПЦК) в настоящее время является ведущим на Украине в области проектирования боевых надводных кораблей и вспомогательных судов. По сообщению украинской прессы (газета «Зеркало недели» от 6 мая 2000 г.), основным заказчиком продукции этого предприятия являются Минобороны и Госкомграницы Украины, уже задолжавшие КИПЦК несколько миллионов гривен. С целью выхода из финансового тупика, конструкторы пытаются наладить активные связи с зарубежными партнерами, в том числе из стран НАТО. Кроме того, в рамках программы НАТО «Партнерство ради мира» николаевские конструкторы приняли участие в разработке концепции «пожаробезопасного фрегата 21 века»; они являются также постоянными участниками нескольких военно-техни-

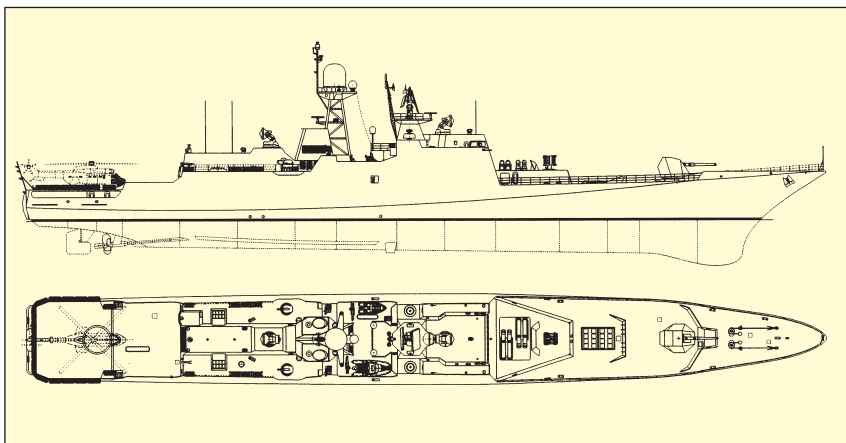
ческих комитетов и комиссий Североатлантического договора.

Под руководством главного конструктора проектов С. В. Кривко за последние годы в КИПЦК разработан ряд проектов боевых кораблей, специально ориентированных на иностранного заказчика. Еще в 1995 г. на выставке IDEX'95 в ОАЭ была

продемонстрирована первая версия фрегата — ICF-3300, как развитие пр. 11351. В 1997 г. КИПЦК совместно с ЧСЗ на внешний рынок выставили небольшой фрегат (ок. 2100 т) «Сапсан-2100», вышедший в 1998 г. вместе с корейским фрегатом в финал тендера в Бангладеш. А в прошлом году были продемонстрирова-



Корвет «Мираж»



Фрегат «Кондор»

ны две версии корветов «Мираж» и «Мистраль-1500Т», а также фрегата «Кондор», выполненные с учетом последних достижений военно-морской техники и кораблестроения. Корабли предполагается оснастить разнообразным радиоэлектронным вооружением украинского и западного производства, а также западными огневыми комплексами (УРО, ПВО, ПЛО). Следует отметить одну интересную особенность этих проектных предложений. Их предлагается строить не только на украинских верфях, а большей частью на иностранных, в странах со слабой национальной школой военного кораблестроения, но с известными военно-морскими амбициями.

По сообщениям прессы, к корвету «Мистраль-1500Т», показанному на совместной украинско-турецкой экспозиции на выставке IDEF'99 в Анкаре, весьма благосклонно отнеслось военно-морское ведомство Турции. И он может быть принят за основу при создании в Турции национального корвета по программе «Milgem».

А корвету «Мираж», выполненному с максимальным использованием «стелс-технологий», большое внимание уделила польская военная пресса, в том числе журнал ВМС Польши «Vandera». Дело в том, что, по сообщениям прессы, украинцы пы-

таются продвигать корвет «Мираж» как в Польшу, так и другие страны при активной поддержке ряда польских фирм и потенциального заводостроителя — «Северной верфи» в



Многоцелевой фрегат «Торнадо»

Гданьске. Оба корвета являются хорошо сбалансированными многоцелевыми кораблями, не уступающими своим зарубежным аналогам.

Фрегат «Кондор» является модификацией известного пограничного сторожевого корабля пр. 11351 с усиленными боевыми качествами. Существенное отличие от российских вариантов — в применяемом вооружении: украинские конструкторы предлагают размещать на кораблях больше западных систем вооружения. Однако такой подход потребует решить сложную задачу интеграции различных комплексов в единую боевую систему. В архитектурном решении корабля заметно влияние школы Северного ПКБ, в южном филиале которого длительное время работал основной «костяк» николаевских конструкторов.

Помимо крупных боевых кораблей, КИПЦК занимается созданием недорогих быстроходных боевых ка-

теров. В качестве примера можно упомянуть о появлении проекта 330-тонного патрульного катера «Универсал», впервые показанного год назад на выставке в Сингапуре.

Судя по материалам зарубежной прессы, единственная страна, которая сегодня на рынке военно-морских вооружений выступает с проектными предложениями речных бронированных боевых катеров, — это Украина. Как сообщил С. В. Кривко в интервью американскому журналу JoMO (Journal of Military Ordnance. 2000. № 1), совместные предложения ЧСЗ и КИПЦК по этому классу катеров включают в себя семейство бронированных артиллерийских катеров типа «Кайман» (50 т и 80 т), полицейский бронированный катер «Кентавр», а также малый бронированный катер «Гюрза» водоизмещением ок. 30 т, вооруженный

украинским боевым модулем, разработанным для модернизации БМП-1.

А последнюю новинку конструкторы КИПЦК продемонстрировали на стенде ЧСЗ на выставке «Судостроение-2000», проходившей в Николаеве в конце мая 2000 г. Это модель новой версии фрегата (водоизмещением ок. 2500 т), получившего условное наименование «Торнадо».

Однако, несмотря на широкий спектр проектных предложений и заметный интерес к ним иностранных специалистов, пока нет подтверждений о заказе на Украине хотя бы одного нового корабля. Но это отнюдь не свидетельствует о технической несостоятельности разработок. Скорее всего, это реальное отражение отсутствия в стране единой государственной политики и государственной поддержки как в области кораблестроения, так и международного военно-технического сотрудничества.



Бронированный артиллерийский катер «Гюрза»



196128,  
Санкт-Петербург,  
ул. Благодатная, 6  
Тел. : (812) 296-9231  
Факс: (812) 296-9231

# Судостроение Электротехника Транспорт

ПРОМЫШЛЕННО-  
КОРПОРАТИВНЫЙ  
САЙТ 2

МЕЖДУНАРОДНЫЕ  
ВЫСТАВКИ  
ПО ТЕМАТИКЕ  
САЙТА

NEVA  
НЕВА  
С. ПЕТЕРБУРГ, КОСМА  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, РОССИЯ

TRANSTEC

Posidonia  
Ποσειδωνία



ИНФОРМАЦИОННО-МАРКЕТИНГОВОЕ БЮРО

## РАЗРАБОТКА

- WEB-представительств
- мультимедийных презентационных CD-дисков

## РАЗМЕЩЕНИЕ

- виртуальных серверов на выгодных условиях

## ПОДДЕРЖКА

- сайта в международной сети

## РЕКЛАМА

- продвижение продукции и услуг в Интернете

4 ИНТЕРНЕТ: WWW.SETCORP.RU  
E-MAIL: SET@SETCORP.RU



## **Web-сайт не роскошь, а средство маркетинга**

Web-сайт (электронное представительство в Internet) в настоящее время является самым мощным и перспективным средством маркетинга. Отработанные механизмы целевой рекламы, электронных продаж и установления обратной связи с клиентами, которые заложены в современных Internet-технологиях, делают всемирную паутину все привлекательней для бизнеса. Количество пользователей Internet во всем мире и, в частности, в России увеличивается в геометрической прогрессии, что позволяет непрерывно привлекать новых клиентов и осваивать новые секторы рынка.

## **Web-сайт: дешевая и эффективная реклама**

Корпоративный web-сайт – это эффективный способ представления детальной информации о предлагаемых фирмой продукции, сервисе и услугах. Размещение рекламной информации на web-сайте мгновенно делает ее доступной всему миру. Благодаря этому, пользователи сети Internet могут ознакомиться с самыми свежими и актуальными данными, предоставленными рекламодателем. Но, наверное, самым привлекательным моментом является то, что затраты на рекламу в сети Internet намного ниже, чем на рекламу в традиционных средствах массовой информации. В отличие от печатных изданий, объем информации, публикуемой в Internet, практически не ограничен, а понятия тираж здесь вообще не существует. При этом фирма получает доступ к гораздо более эффективным и гибким маркетинговым технологиям.

## **Команда профессионалов**

Web-студия SET уже несколько лет занимается разработкой и внедрением электронных представительств в международной сети Internet. Мы имеем богатый опыт применения информационных технологий на практике, что позволяет нам разрабатывать современные и эффективные web-представительства и обеспечивать их дальнейшее развитие и поддержку во всемирной сети Internet. Мы создадим оригинальный облик вашего сайта, осуществим его техническую поддержку, проведем рекламную кампанию, поможем вам найти новых деловых партнеров, завязать новые контакты, представить информацию о вашей фирме и продукции всему миру.

## **Тематический корпоративный web-сайт**

Web-студия SET – организатор корпоративного сайта "Судостроение. Электротехника. Транспорт" ([www.setcorp.ru](http://www.setcorp.ru)). Студия как структурное подразделение Информационно-Маркетингового Бюро является партнером ЗАО "Транстех-Нева Экзибишнс" – организатора выставок "Нева", "Транстек", русского раздела "Посейдонии". Основной целью сайта является демонстрация перспектив и новейших достижений отечественной науки и техники, поиск новых деловых контактов, продвижение отечественной продукции и услуг на российском и зарубежном рынках. Большое внимание уделяется применению новых разработок в сфере судостроения, энергетики, электротехники и транспорта. На страницах сайта вы найдете электронные версии выставок "Нева", "Транстек", "Инрыбпром", "Транстерминал. Логистика. Склад", "Посейдония", информацию о новых разработках, новости от журналов "Судостроение", "Морской журнал", "Морские технологии", аналитическую информацию. Web-студия SET готова выступить исполнителем в рамках любого интересного электронно-издательского проекта, соответствующего тематике сайта "Судостроение. Электротехника. Транспорт". Свяжитесь с нами, и мы ответим на любые интересующие вас вопросы. Тел./факс: +7 (812) 296-92-31. E-mail: [set@setcorp.ru](mailto:set@setcorp.ru)

# PALLADA

## SONAR STATION

- Detection of underwater swimmers-wrecklers (combat swimmers);
- Target positioning;
- Tracking of 3 detected targets;
- Detection range 150 meters;
- Positioning accuracy complying with anti-wrecking weapons MRG-1 and/or DP-65



### **MORPHISPRIBOR**

197376, St. Petersburg, Russia  
Chkalovsky Str., 46  
Tel: (812) 320 8040/41  
Fax: (812) 320 8052; 230 0876  
mfp@mail.wplus.ru

## ЗАРУБЕЖНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Первый контракт на два ледокольных танкера типа DAT дедевейтом 106 000 т подписан 30 июня 2000 г. в Хельсинки судостроительной компанией Fortum Shipping и японским концерном Sumitomo Heavy Industries (SHI). Заказ будет выполняться на верфи SHI в Йокосука в кооперации с финской верфью Kvaerner Masa-Yards, являющейся автором патентованной концепции DAT (double-acting tanker) и участником разработки проекта. Согласно концепции DAT, на свободной воде танкер движется как обычно (носовая оконечность оптимизирована именно для такого плавания), а во льдах движение осуществляется кормой вперед, и корма спроектирована с учетом возможности взламывания льда. Наибольшая длина танкера 252 м, ширина 44 м, осадка 15,3 м (проектная — 14,5 м), объем грузовых танков 123 000 м<sup>3</sup>. В качестве пропульсивного устройства будет исполь-

зован электрический движительно-рулевой комплекс; предусмотрены также два носовых подруливающих устройства. Новые танкеры планируется использовать для круглогодичной эксплуатации в Северном и Балтийском морях.

«Costa Atlantica» — головной в серии крупных судов нового типа («Panamax-Max») — сдан 30 июня 2000 г. финской верфью Helsinki New Shipyard (Kvaerner Masa-Yards) итальянской компании Costa Crociere S. p. A. Это судно, имеющее валовую вместимость 85 700 рег. т, размерения 292,5/260,6 x 38,8 x 32,2 м и осадку 7,8, рассчитано на 2680 пассажиров, причем 70% из 1057 кают на 12 пассажирских палубах снабжены индивидуальными «балконами». Дизайн интерьеров выполнен в «классическом итальянском» стиле. Дизель-электрическая энергетическая установка включает в се-



Интерьеры на «Costa Atlantica» выполнены в «классическом итальянском» стиле



Круизный лайнер «Costa Atlantica» нового типа — «Panamax-Max»

бя шесть дизелей марки Wärtsilä NSD 9L46D суммарной мощностью 62 370 кВт с электрогенераторами фирмы ABB, работающими на два полноповоротных винторулевых комплекса типа Azipod мощностью 2 x 17,6 МВт. В носовой части расположены три туннельных подруливающих устройства (3 x 1,91 МВт). Эксплуатационная скорость 22 уз, экипаж — 902 чел. Заказ на постройку лайнера стоимостью около 2,1 млрд финских марок был получен в начале 1998 г., к сборке корпуса приступили в марте 1999 г., а вывод судна из сухого строительного дока состоялся 11 ноября 1999 г. Круизный лайнер построен на класс итальянского классификационного общества RINA с учетом новейших требований этого общества к защите окружающей среды, как морской, так и воздушной (так называемый стандарт Green Star) (Kvaerner Masa-Yards, PR, 30.06.2000).

Новые финские КВП будут оборудованы американскими турбинами. На верфи Aker Finnyards для ВМС Финляндии строится многоцелевой корабль на воздушной подушке (КВП) типа T2000. Его длина 27,4 м, масса 94 т, максимальная проектная скорость 50 уз. Для энергетической

установки этого КВП американская фирма Vericor Power поставит две газовые турбины типа TF40 в морском исполнении. Эти турбины для военного применения могут иметь мощность 2980—3430 кВт. КВП планируется спустить на воду весной 2001 г.

**Американская фирма GE Marine Engines** объявила, что ее газовые турбины типа LM2500 будут установлены на четырех южноафриканских корветах типа MEKO A-200, которые должны строиться на немецкой верфи Blohm & Voss в Гамбурге. На этих кораблях предусмотрена комбинированная (CODAG—WARP) установка: турбины будут работать на водометы, а дизели — на гребные винты.

Головной корвет намечено построить в 2004 г. (*Diesel & Gas Turbine Worldwide. 2000. June. P. 48—49.*)

**Slovenske Lodenice Komarno (SLK)**, единственная судостроительная верфь Словакии, ищет стратегического зарубежного инвестора для обеспечения постройки заказанных судов и обновления производства. SLK обратилась к правительству стра-



**Компания БРИЗ-Марин**  
Морская радиоэлектроника

- АППАРАТУРА СВЯЗИ
- НАВИГАЦИОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
- РЫБОПОИСКОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

- продажа
- установка «под ключ»
- полное техническое обслуживание
- договоры на береговое обслуживание

Адрес: 183693, Мурманск, ул. Папанина, 4-3.  
Тел./факс: (8152) 45 16 33, +47 789 10 832  
E-mail: briz@bm.murmansk.ru WWW.bm.murmansk.ru

ны с просьбой предоставить государственные гарантии кредита на сумму 29,5 млн немецких марок. Эти средства необходимы, в частности, для постройки трех судов; из различных источников, включая иностранные банки, планируется финансирование еще восьми судов. Положение на верфи SLK существенно ухудшилось в связи с войной в бывшей

Югославии в 1999 г. и блокированием судоходства по Дунаю.

**Соглашение о сотрудничестве** с 30 фирмами-поставщиками судового оборудования заключила американская фирма Marex.com (Майами) для осуществления продаж оборудования, запасных частей и материалов через Интернет. Проект получил название Marex PO!

**Разделение южнокорейской компании Daewoo Heavy Industries Ltd** на три фирмы одобрили ее акционеры. Их названия — Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering Co Ltd, Daewoo Heavy Industries Ltd и Daewoo Heavy Industries &

Machinery Ltd. Первая из них должна была начать действовать с 1 августа и заниматься судостроением.

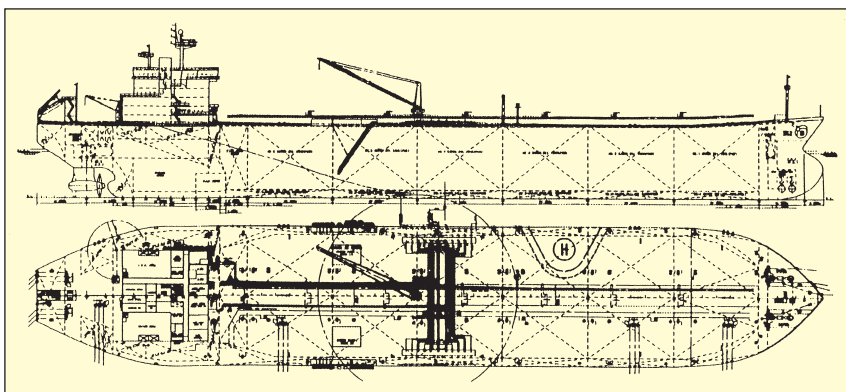
**Пентагон планирует, как полагают, предпринять шаги по увеличению ВМС на три авианосца и 18 ударных подводных лодок** после избрания нового президента США. После десятилетнего сокращения ВМС, примерно вдвое (до 315 ко-

Статистические данные Lloyd's Register по ведущим судостроительным странам, 1999 г., декабрь

Страна	Сдано в IV квартале		Заказано в IV квартале		Портфель заказов на 31 декабря 1999 г.			Изменения по сравнению с III кварталом	
	N	крт	N	крт	N	крт	рт	N	Крт
1(1) Южная Корея	26	711 375	78	2 129 880	377	11 834 050	22 608 957	+32	+1 273 828
2(2) Япония	78	1 383 610	108	1 546 853	420	8 714 807	17 367 880	+21	+74 551
3(3) Китай	23	258 592	56	554 430	235	2 817 826	4 171 421	+27	+344 074
4(4) Италия	12	226 992	9	363 075	58	2 106 446	1 956 314	0	+50 195
5(5) Германия	13	155 701	9	206 033	76	2 046 527	2 008 334	-5	+68 450
6(6) Польша	13	122 491	30	304 408	108	1 313 223	1 489 799	+10	+139 394
7(8) Франция	4	28 316	3	15 980	29	953 369	693 117	-4	-67 654
8(7) Испания	11	165 583	17	27 784	118	918 970	768 369	-12	-146 105
9(9) Нидерланды	16	80 841	11	39 122	247	858 393	520 895	-17	-70 266
10(10) Финляндия	2	192 587	1	105 000	8	813 050	647 600	-1	-88 320
11(12) о. Тайвань	8	99 561	16	238 351	39	787 637	1 452 508	+10	+178 548
12(11) Румыния	8	37 478	9	32 689	104	654 917	613 099	-5	-37 988
13(13) США	22	58 130	26	81 585	55	595 639	629 575	+3	+28 398
14(14) Хорватия	0	0	2	30 720	34	578 797	765 386	+1	+19 170
15(15) Россия	3	18 347	1	5 892	57	409 163	316 915	-4	-26 763
16(16) Украина	0	0	1	1 750	25	360 859	426 581	-3	-64 064
17(18) Дания	4	83 558	3	128 468	11	336 010	474 175	-1	+44 769
18(17) Турция	8	31 665	3	16 490	45	288 394	239 585	-9	-29 357
19(19) Норвегия	8	51 957	11	26 424	33	219 461	160 054	-2	-48 613
20(20) Великобритания	2	15 652	5	5 460	19	180 323	107 131	+1	-8 676
Итого:	296	3 876 570	447	6 086 087	2 463	38 590 626	58 872 291	+33	+1 674 188

Примечания: N — количество судов; крт — компенсированная регистровая тонна; рт — регистровая тонна.  
Более полные данные — см. Schip en Werf de Zee. 2000. Mei. P. 64—66.





Ледокольный танкер типа DAT дедвейтом 106 000 т будет построен в Японии

раблей), представители ВМС заявляют о том, что им необходимо больше военных кораблей, чтобы обеспечить интересы страны. Согласно предварительным данным разрабатываемой 30-летней программы в области кораблестроения, ВМС требуется 360 кораблей, включая 15 авианосцев (вместо 12) и 68 лодок (вместо 50). Оппоненты считают, что для реализации существующей кораблестроительной программы и так необходимы значительные средства (12,3 млрд дол. в 2001 г.), а новая



Финский КВП типа E2000 будет оборудован американскими турбинами

программа потребует дальнейшего увеличения расходов, причем без наличия угрозы холодной войны (New Ships. 2000. N 26—28).

Американская компания Benthos Inc. длительное время занимается совершенствованием технологии передачи данных под водой с помощью звуковых волн. Весной этого года ею была представлена новая разработка в этой области. Моряки с исследовательской дизель-электрической подводной лодки «Dolphin» получили возможность обмениваться электронной почтой, находясь на расстоянии до 3 миль и на глубине до 400 футов (около 122 м), с помощью звуковых волн, которые принимались специальным буем, обеспечивающим прием, ретрансляцию и передачу полученного сигнала. Скорость передачи информации составляла 2,4 кбайт/с. Предполагается, что новая технология передачи данных под водой может использоваться не только в военных, но и в мирных целях, например, на шельфовых нефтегазовых объектах (РосБизнесКонсалтинг, www.rbc.ru).



**ЦНИИ СУДОВОГО  
МАШИНОСТРОЕНИЯ**

**Ваш надежный партнер по созданию и поставке изделий судового машиностроения**



- Посадочный комплекс авианесущих кораблей
- Устройства передачи сухих и жидких грузов в море на ходу
- Манипуляторы для подводных работ
- Рулевые машины
- Средства активного управления судов
- Успокоители качки
- Судовые грузоподъемные механизмы
- Изделия систем гидравлики
- Оборудование водоподготовки

Россия, 193029, Санкт-Петербург, ул. Дудко, д. 3. Тел. (812) 567-3480. Факс (812) 567-3260.  
E-mail: cnii-sm@peterlink.ru

# ИСТОРИЯ СУДОСТРОЕНИЯ

## ДЕКОРАТИВНО-ХУДОЖЕСТВЕННОЕ УБРАНСТВО И НАИМЕНОВАНИЕ КОРАБЛЕЙ

Ю. М. Попов

В составе европейских военных флотов в начале XVII века находились главным образом корабли галеонного типа. Отличительными особенностями их архитектуры было наличие высоких носовых и кормовых надстроек, седловатая, т. е. несколько приподнятая в носу и корме палуба, зауженная из-за сильно заваленных внутрь бортов, и высокая (из-за надстройки) кормовая оконечность. К концу XVI века в ходе эволюции парусного корабля «вместо... кормы, которая... плавно переходила в ахтерштевень, стали строить... п л о с к у ю (разрядка моя. — Ю. П.) корму... преимущество такого типа кормы... в том, что в кормовой части судна оказывалось теперь значительно больше места, чем на судах прежней постройки» [1].

Значительным событием для кораблестроения в XVI веке стало появление и использование в ходе работ строительных чертежей. В XVII веке на основе достижений математики и физики начинает создаваться определенная научная база для поиска и обоснования форм и конструкции корабля. Начинает исчезать зауженность в сторону кормы, появляются все меньше кораблей с высокими надстройками в корме, носовые надстройки пропадают, седловатость палубы уменьшается. В результате у кормовой оконечности меняется внешний вид — она становится гораздо шире и ниже, а носовая оконечность становится более «затупленной».

В начале XVII века особенно быстро развивалось английское судостроение. Англичане, можно сказать, стали первопроходцами в создании нового типа военного корабля. Постройка в 1610 г. английского корабля «Prince Royal» и в 1637 г. еще более крупного «Sovereign of the Seas» (другое имя — «Royal

Sovereign») стала наглядным подтверждением происходящей эволюции парусного корабля, и хотя они еще сохранили все признаки галеонов, кораблей переходного типа, тем не менее по ряду особенностей конструкции и пластического убранства их можно считать этапными в истории парусного флота.

Огромное влияние на развитие кораблестроения, а также тактики морского боя оказали англо-голланд-

строеными для войны и резко отличающимися от торговых» [2]. С постройкой английского корабля «Naseby» в 1655 г. боевой корабль принял форму, которая сохранялась в течение 200 лет... Это делало корабль более пригодным к плаванию в штормовую погоду и более устойчивым при артиллерийской стрельбе [3]. Следует отметить, что большинство кораблей, строившихся для флотов европейских стран, приняло ту же форму в период между 1-й и 2-й англо-голландскими войнами (1654—1665 гг.). В это время повсеместно стали переходить «от судов прежде неуклюжих и нескладных конструкций к стройным, длинным судам». Пора расцвета сверхвысоких

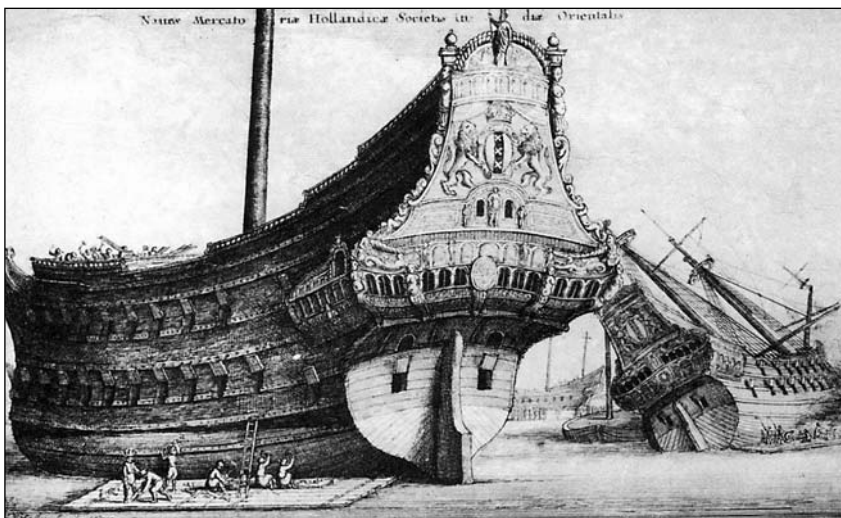
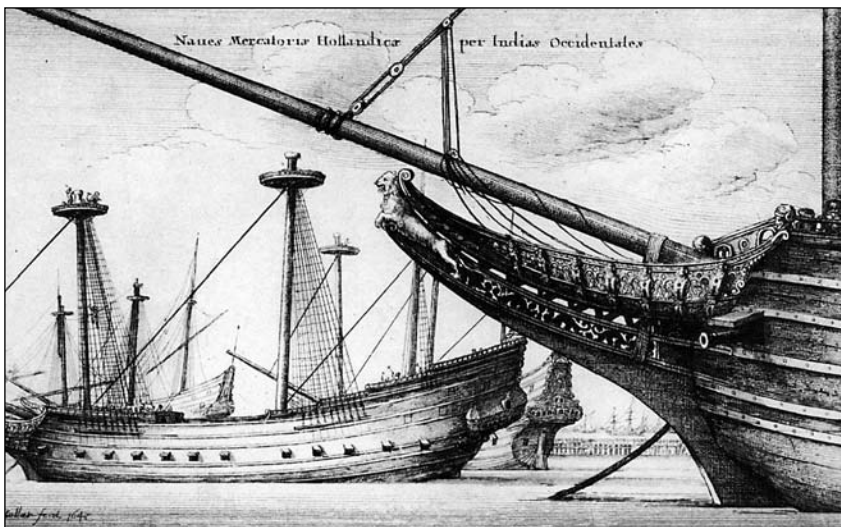


Галеон. Конец XVI в. Все рисунки в статье взяты из книги Lothar Eich, Johannes Wend. *Schiffe auf druck graphischen Blättern*. Rostock. Veb Hinstorff Verlag. 1980.

ские войны (1652—1654 гг., 1665—1667 гг., 1672—1674 гг.). Известный русский ученый-кораблестроитель А. П. Шершов так оценил их влияние: «...военные корабли получают то оформление, каковое они, с теми или иными изменениями, сохранили до конца деревянного судостроения. Эти суда не являются нефами, а кораблями, специально по-

надстроек, особенно в корме, минувала.

В ходе эволюции в устройстве кораблей разных стран имелись свои различия. В частности, голландские боевые корабли были меньших размеров, имели небольшую осадку и плоское днище (из-за небольших глубин в прибрежных водах Голландии, хотя торговые корабли были не мень-



Голландские корабли Вест-Индской (вверху) и Ост-Индской компаний

ше, чем в других странах). Кроме того, они имели транцевую (плоскую) корму в отличие от закругленной кормы английских кораблей. Испанские и португальские галеоны сохраняли развитые кормовые надстройки вплоть до середины XVII века.

К середине XVII века наряду с формой и конструкцией корабля, изменилась и форма кормы — с течением времени она стала более низкой и широкой, из-за чего значительно увеличилась ее площадь. В результате этого на кормовой оконечности появилось больше свободных, ничем не занятых, поверхностей.

В это же время, на рубеже XVI—XVII веков в искусстве Европы, в том числе в архитектуре и живописи, происходило утверждение нового стиля — барокко. Этому способствовали такие особенности этого стиля, как торжественность,

величественность, совмещение реализма и фантазии, что полностью соответствовало его определению (барокко, в переводе с итальянского — причудливый). Наиболее полно характеризовал архитектуру барокко пространственный размах, слитность, текучесть сложных, обычно криволинейных форм, а основными признаками были «повышенная и подчеркнутая монументальность, представительность» [4]. Присущая парусному кораблю динамичность и изначальная криволинейность формы, в том числе силуэта кормы, вполне соответствовали этому стилю и способствовали его внедрению в пластическое убранство корабля, где он проявлялся «в общем характере рельефов, в повышенной экспрессии форм, в свободном и многоплановом расположении фигур на плоскости», что «по своему

содержанию и форме, было передовым для своего времени искусством» [5].

Наличие больших свободных поверхностей как нельзя лучше подходило для размещения декоративных рельефов, выполненных в этом стиле, скульптур и изображений, вплоть до разнообразных, вырезанных из дерева многофигурных аллегорических композиций с чертами сильно выраженной динамики на всем пространстве кормовой плоскости, что придавало изображению пространственный размах и монументальность. Это обстоятельство выделяло и подчеркивало для наблюдателя особенности пластических форм рельефов кормы на фоне остального убранства корабля. «Рельефы, состоящие из большого количества фигур и значительного орнамента, покрывали почти всю плоскость кормы и несли основную смысловую нагрузку в общем убранстве судна... именно в кормовых композициях проявлялась индивидуальность мастера и его творческий почерк» [5].

Таким образом, роскошное убранство кормы (хотя украшались и другие части корпуса) объяснялось рядом объективных причин: во-первых, корма стала плоской, что способствовало появлению и размещению на ней различных отличительных признаков корабля; во-вторых, кормовая оконечность ввиду особенностей устройства, а также отсутствия крепления рангоута и такелажа имела хорошую обзорность, в то время как в бортах прорезались в большом количестве пушечные порты, хотя в ряде случаев они также украшались резьбой.

Носовая же оконечность была заужена и имела специфическую форму, кроме того была насыщена рангоутом и такелажем, что не давало возможность использовать все многообразие украшений и затрудняло ее обозрение. Выбор украшений и их расположение в носовой оконечности были ограничены, поэтому оформление этой части корабля стало в достаточной степени канонизированным. Как правило, нос украшала фигура льва или мифологического персонажа. Это

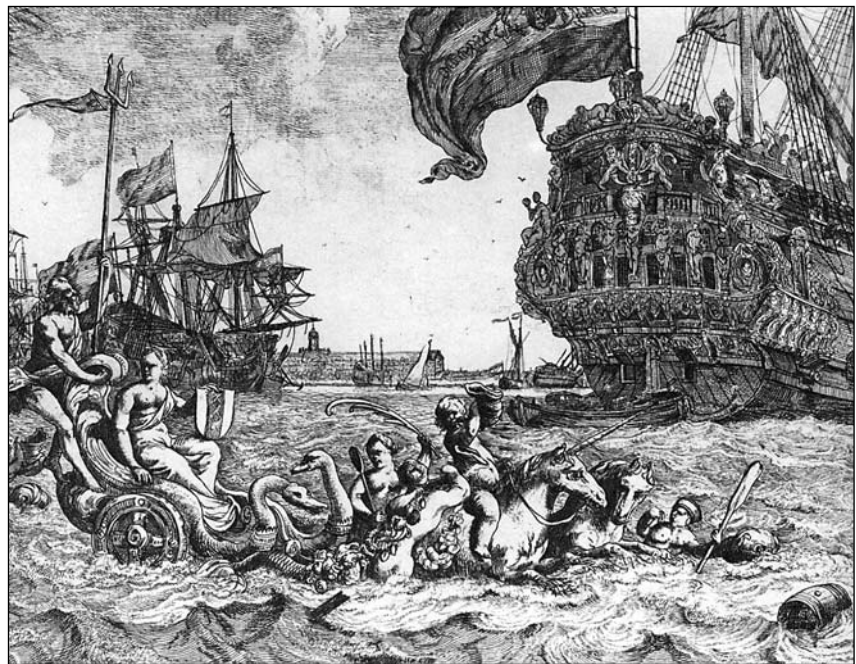
носовое украшение сохранялось практически до последней четверти XVIII века. В военных флотах Англии, Голландии и России наиболее распространенной носовой фигурой стал лев, прекрасно сочетавшийся с искусством зрелого барокко [6].

Итак, эволюция парусного корабля изменяла его архитектуру и соответственно декоративно-художественное убранство, выполнявшееся в духе эпохи.

Утверждение барокко в кораблестроении вызвало отход (но не отказ!) от традиционных форм украшения центра кормы, характерных для начала XVII века (геральдическая символика и изображения на религиозную тематику). В рамках этого стиля появился большой диапазон новых, самых разнообразных изображений, украшавших корму корабля: фигуры людей, животных, мифологических персонажей, различные предметы и т. д. Этому способствовала также массовая постройка кораблей. Многообразие же кормовых украшений было следствием индивидуальности оформления, отличительным признаком каждого корабля, по которому осуществлялась их распознавание.

В это же время кораблям давали самые различные наименования. Для этого использовались религиозная тематика, мифология, имена высокопоставленных особ, географические названия, названия зверей и птиц и т. п. Наименование корабля служит также для его идентификации. Поэтому неизбежно должна была возникнуть определенная взаимосвязь между наименованием корабля и его кормовыми украшениями, в частности, с центральным изображением, расположенным на кормовой плоскости.

На данном этапе эволюции парусного корабля стало наблюдаться воспроизведение его наименования в виде определенного изображения — визуального аналога имени, т. е. украшения стали приобретать утилитарное значение. Если в начале XVII века изображения на кормовой плоскости чаще всего не соответствовали имени, то к концу XVII



Кормовые украшения голландского корабля. Конец XVII века. (С гравюры-аллегии Ныстердана)

века они стали все в большей степени выполнять и функцию раскрытия наименования корабля.

В результате и характер изображений также претерпел эволюцию. В качестве главных украшений кормовой оконечности в зависимости от величины и значимости корабля к концу XVII века сформировались два вида изображений: масштабная аллегорическая многоплановая и многофигурная пластическая композиция, смысл которой раскрывал наименование корабля; более простое «однофигурное» изображение, т. е. один какой-либо персонаж или предмет, давший имя кораблю.

Сложность понимания общего смысла изображений первого вида вызвала появление специфического явления, затруднявшего правильную идентификацию корабля. Оно заключалось в том, что при индивидуальном словесном выражении смысла изображения неизбежно возникали разночтения в наименовании, пусть даже незначительные. Эти разночтения приводили к появлению многовариантности имени, т. е. корабль мог иметь несколько имен. Например, построенный в 1637 г. английский корабль «Sovereign of the Seas» имел еще один вариант имени — «Royal Sovereign», что не толь-

ко затрудняло его идентификацию, но и вело к путанице.

Многовариантность имела место и в случае использования «однофигурных» изображений, несмотря на конкретность изображения, позволявшего, на первый взгляд, однозначно трактовать имя. Например, у голландского корабля «Leeuw» («Лев») был еще один, более известный вариант имени — «De Golden Leeuw» («Золотой лев»), который появился из-за того, что фигура льва была покрыта золотом.

Все эти особенности в имяобразовании кораблей привели к пониманию необходимости обозначения имени в виде надписи, расположенной на кормовой плоскости, как к средству точной идентификации. Надпись сопутствовала и дополняла свой визуальный аналог — изображение или скульптуру, что позволяло точно и просто распознавать корабль.

#### Литература

1. Генриот Э. Краткая иллюстрированная история кораблестроения. Л., 1974.
2. Шершов А. П. История кораблестроения с древнейших времен до наших дней. М.-Л., 1940.
3. Ховард Д. Боевые парусники. М., 1998.
4. Бартнев И. А., Батопскова В. Н. Очерки истории архитектурных стилей. М., 1983.
5. Матвеева Т. М. Убранство русских кораблей. Л., 1979.
6. Скрыгин Л., Данилов Ю. История носовых украшений // Морской флот. 1995. № 1.

## ЛЕДОКОЛ «В. МОЛОТОВ» В ГОДЫ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ\*

К. Д. Смирнов

В 1933 г. «Судопроект» приступил к проектированию ледокола для Арктики. К выполнению этих работ привлекли известных кораблестроителей — А. Н. Крылова, Ю. А. Шиманского, И. В. Виноградова. Технический проект ледокола, разработанный под руководством главного конструктора К. И. Боханевича, заметно отличался по своим характеристикам от реализованных ледоколов. В проекте была увеличена автономность плавания, сокращен удельный расход

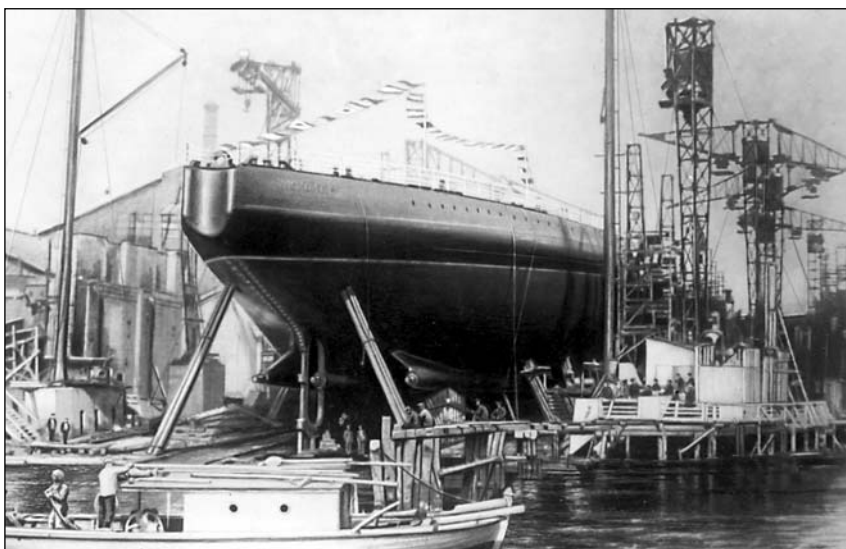
с поперечной системой набора был выполнен из высокопрочной стали. В районе наибольшего воздействия ледовых нагрузок он имел усиленную конструкцию с двухслойной наружной обшивкой. Десять главных водонепроницаемых переборок делили его на 11 отсеков из расчета непотопляемости при затоплении любых двух смежных отсеков.

Ледокол имел избыточный надводный борт, пять палуб, небольшую трехъярусную надстройку с по-

сирная лебедка усилием в 25 тс. Там же, в корме (на верхней палубе), устанавливался легкий самолет, а перед грот-мачтой имелась поворотная катапульта для двух самолетов авиаразведки. Подъем их с воды осуществлялся с помощью грузовых стрел.

### Основные элементы и характеристики ледокола

Длина, м:	
наибольшая	106,7
между перпендикулярами	102,1
Ширина, м:	
наибольшая	23,1
по конструктивной ватерлинии	22,7
Высота борта до верхней палубы, м	12,6
Осадка, м	8
Водоизмещение, т	11 000
Скорость хода на чистой воде, уз	15,5
Экипаж, чел.	142



Спуск на воду ледокола «В. Молотов»

топлива в результате применения в энергетической установке перегретого пара и подогрева питательной котельной воды; в корпусных конструкциях использовались сварные узлы, широко применялись клинкетные двери, улучшались условия обитаемости экипажа.

Технический проект был утвержден 23 октября 1935 г., тогда же и был заложен киль головного ледокола пр. 51 на Балтийском заводе в Ленинграде («И. Сталин»). Он сошел на воду со стапеля 14 августа 1937 г. Второй ледокол — «В. Молотов» — заложили в 1940 г.

Для своего времени это был довольно мощный ледокол. Корпус его

мещениями для командного состава, две высокие трубы.

Энергетическая установка включала в себя три паровые машины тройного расширения пара мощностью по 3800 л. с., девять паровых котлов с суммарной площадью нагрева 2340 м<sup>2</sup>. Судовая электростанция имела два турбогенератора мощностью по 50 кВт, одну пародинамо-машину — 25 кВт и два аварийных дизель-генератора (5 и 12 кВт). Для погрузки угля, провизии и других грузов на верхней палубе были установлены шесть трехтонных электрических кранов.

Для буксирных операций применялась стационарная паровая бук-

Как и для большинства ледокольных, промысловых, пассажирских и торговых судов того времени для «В. Молотова» был предусмотрен проект его вооружения на случай военных действий, так называемый мобпроект, который в соответствии с решением Главпрома от 4 июня 1934 г. предусматривал установку трех 130-мм орудий Б-13, четырех 76,2-мм зенитных пушек 34-К и четырех одноствольных 7,62-мм пулеметов «Максим» М-1.

К началу Великой Отечественной войны все подготовительные работы по мобпроекту оценивались по степени готовности на 92%: были выполнены все подкрепления под артсистемы, заготовлены четыре элеватора под 130-мм орудия вместе с мусинговой подачей в количестве 5 шт., изготовлены кранцы первых выстрелов (шесть — для орудий Б-13, два — для 76,2-мм пушек, один — для пулеметов), установлены два 3-метровых дальномера и 45-сантиметровый прожектор, подготовлены системы затопления, осушения и вентиляции погребов боезапаса, смонтированы ПУАО (приборы управления артиллерийским огнем), оборудованы арткадовая, шифропост, химкамера и командные жилые помещения. Однако на 22 июня 1941 г. общая готовность ледокола составляла лишь 79%, и только благодаря усилиям экипажа ледокол

\*По материалам ЦВМА. Ф. 161. Оп. 6. Д. 736.

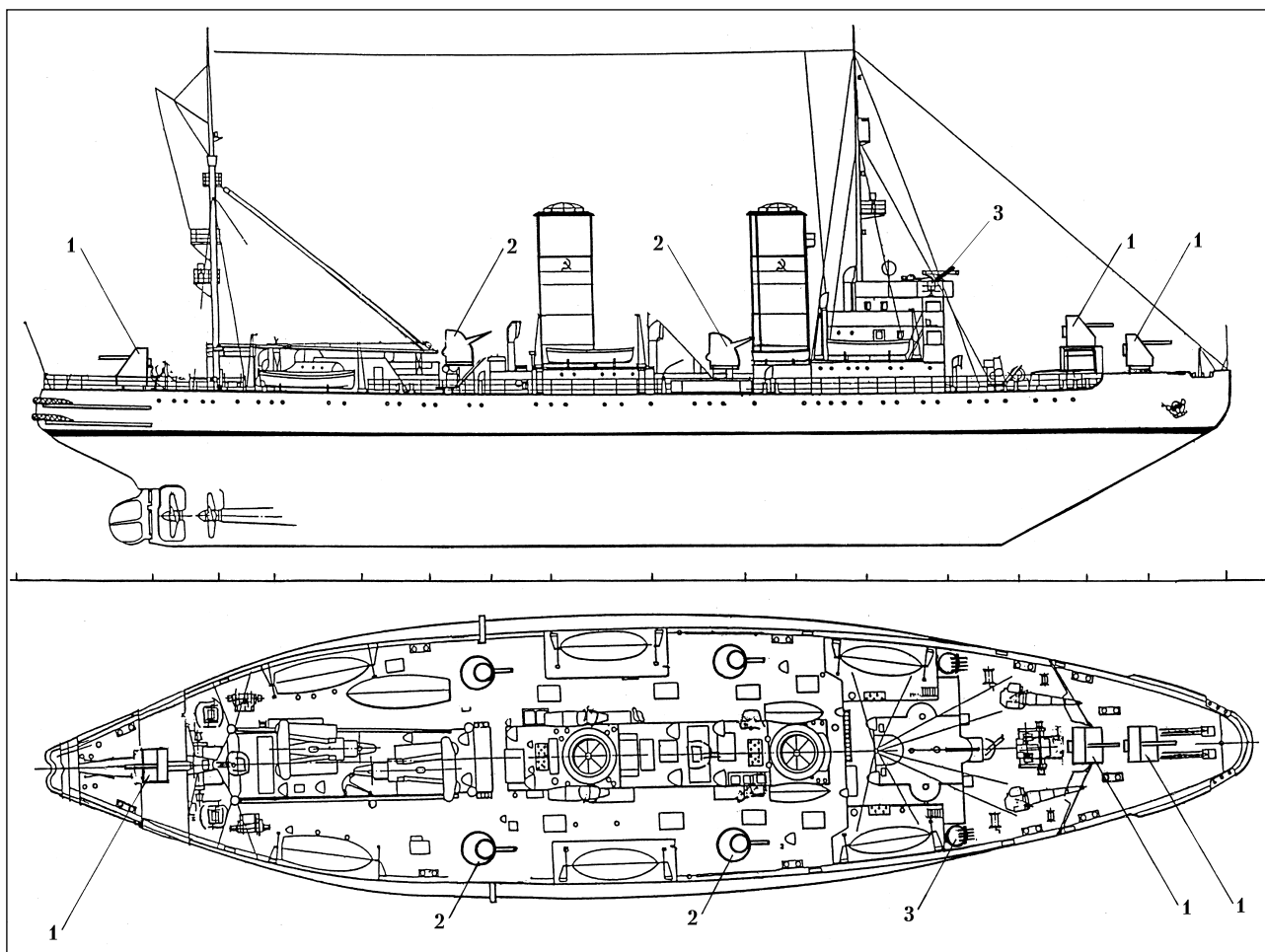


Схема вооружения ледокола «В. Молотов» по мобпроекту 51:

1 — 130-мм орудия Б-13; 2 — 76,2-мм пушки системы Лендера; 3 — пулеметы М-4

был выведен из акватории завода на Неву, приведена в рабочее состояние энергетическая судовая установка, поставлены орудия главного калибра и часть зенитных установок. Согласно приказу НК ВМФ от 8 августа 1941 г. № 00246 ледокол «В. Молотов» был зачислен в разряд вспомогательных крейсеров (ВКР).

21 сентября 1941 г. ВКР «В. Молотов» отправился в первое плавание до Кронштадта, после чего вошел в отряд кораблей особого назначения.

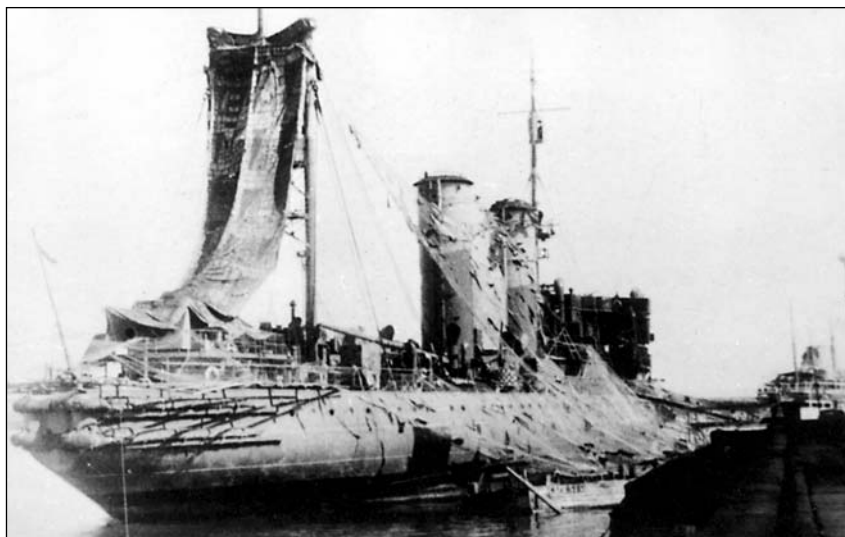
В связи с начавшейся блокадой города 19 октября распоряжением Военного совета Ленинградского флота № 00100 130-мм орудия с ВКР «В. Молотов» были сняты, а он переведен в разряд «вооруженных ледоколов» и включен в состав единой противовоздушной обороны Ленинграда.

В ноябре — декабре ледокол совершил несколько переходов с караванами судов до Лавенсари и обратно. Всего за 1941 г. он провел во

льдах 37 судов. 11 декабря корабль получил повреждения от взрыва мины, но продолжил плавание.

12 декабря при следовании из Кронштадта в Ленинград произошел взрыв мины по правому борту,

в носовой части в районе 124—128 шп. В результате была деформирована платформа над дифференциальной системой со стрелкой прогиба около 30 мм, погнуты пиллерсы и сорваны кранцы первых выстре-



«В. Молотов» в годы блокады Ленинграда



На трассе Севморпути

лов у орудий главного калибра, разорвана поперечная переборка между дифферентными цистернами № 2 и 3. Длина разрыва достигала 1200 мм. Лопнули в нескольких местах трубы приемно-нагнетательной и балластно-спасательной магистралей. Были сорваны кницы набора в нескольких местах как с заклепками, так и со сваркой. В районе первого поперечного бункера (109—111 шп.) и на 95—102 шп. по поперечному сечению разорвало на две части трубопровод, лопнул также корпус конденсатора-рефрижератора углекислотной установки. Был ряд и других более мелких повреждений.

При следовании из Ленинграда в Кронштадт 18 декабря ледокол получил четыре прямых попадания из орудий калибра примерно 100 мм. Были пробиты обшивка корпуса в борту (тут же заваренная личным составом) и верхняя палуба у комингса бункера второго котельного отделения, перебиты вентиляционные трубы и поврежден кожух дымовой трубы.

На следующие сутки, около полуночи, ледокол вел сквозь льды подводную лодку. В 01 ч 15 мин корабли были обнаружены противником с берега, и через несколько минут начался артиллерийский обстрел.

Продолжая двигаться вперед, ледокол открыл ответный огонь из своих орудий, а также пулеметов и, чтобы помешать прицельному огню противника, то ускорял, то замедлял ход. Чтобы не подставить под огонь врага подводную лодку, ледокол, взламывая лед, ушел от нее вперед, отвлекая на себя внимание противника. Спустя некоторое время в бой вступила артиллерия боевых кораблей Балтийского флота, стоявших в Кронштадте, затем их поддержали форты. Однако основную тяжесть вражеского обстрела принял на себя ледокол (было несколько прямых попаданий). Вскоре опасная зона осталась позади. Подлодка вышла на условленное место.

От артобстрела 24 декабря в 2 ч 35 мин в Морском канале ледокол получил три прямых попадания. Был пробит насквозь наблюдательный пост на фок-мачте. Один из снарядов попал в брашпиль, осколками повредило грузовой электрокран на правом борту и в нескольких местах пробило оцинкованный электрокабель. В котельных отделениях наблюдалось пропаривание заклепок швов передних и задних днищ на котлах № 1, 2, 3, 4.

Аварийные работы по устранению повреждений выполнялись на

Балтийском заводе до 15 апреля 1942 г.

Решением начальника штаба КБФ вице-адмирала Ю. Ф. Ралля от 7 апреля 1942 г. был сформирован отряд вооруженных ледоколов (куда включили и «В. Молотов»). Летом практически весь его личный состав был направлен в морскую пехоту, а оставшиеся специалисты команды занимались ремонтом судна. В 1943 г. экипаж ледокола был награжден медалями «За оборону Ленинграда».

После прорыва блокады города в соответствии с приказом народного комиссара ВМФ от 25 января 1944 г. и приказом начальника Главного управления Севморпути (ГУСМП) от 2 февраля, ледокол «В. Молотов» был передан из состава Ленинградской военно-морской базы ГУСМП.

В акте приема-передачи от 24 февраля 1944 г., утвержденном командиром ЛВМБ контр-адмиралом А. А. Кулитовым и начальником ГУСМП контр-адмиралом И. Д. Папаниным, отмечалось: «...ЛВМБ сдает ГУСМП ледокол «В. Молотов» с имеющейся материальной частью артооружения, шкиперского, штурманского, вещевого и прочего снабжения согласно спецификации, инвентарным книгам и актам инвентаризации по состоянию на 1 января 1944 г. «В. Молотов» в результате взрыва мины вблизи корпуса и семи попаданий снарядов во время артобстрелов получил частичную деформацию наружной обшивки корпуса в районе 105—129 шпангоутов, повреждения водонепроницаемых переборок и отдельные пробоины в верхней палубе и надстройке. По артиллерийской части ледокол имеет две 45-мм пушки 21-К, два трехметровых дальнометра, четыре электроэлеватора для подачи боезапасов, схему управления артогнем системы Гейслера. Материальная часть в хорошем состоянии. Боезапас к 45-мм пушкам 1967 выстрелов...»

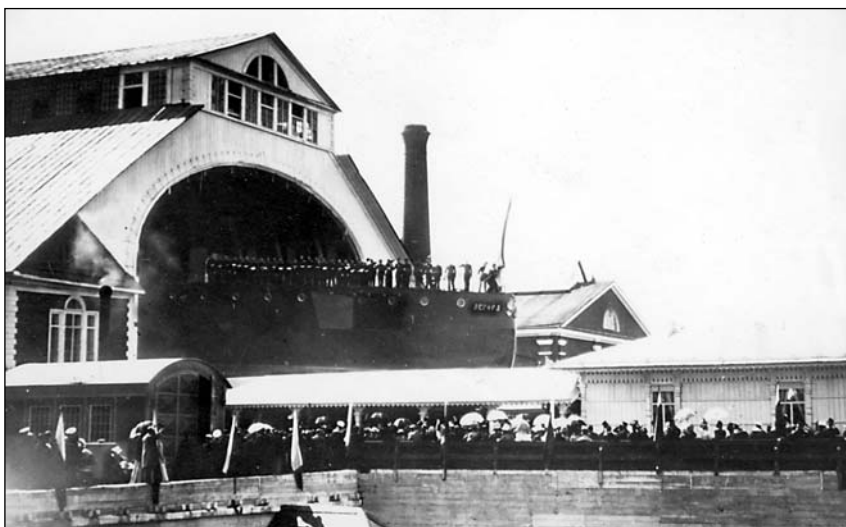
В 1958 г. ледокол «В. Молотов» переименовали в «Адмирал Макаров». До 1966 г. он работал в Арктике, подчиняясь ГУСМП, а затем был передан ГДР для выполнения ледокольных работ на Балтике. В 1967 г. ГДР получила из СССР новый ледокол «Штефан Янцен», и надобность в «Адмирале Макарове» отпала. Он был передан одной из немецких фирм, которая в 1967 г. разрешила его на металл.

## К СТОЛЕТИЮ СПУСКА НА ВОДУ КРЕЙСЕРА «АВРОРА»

Н. Н. Афонин

Сто лет назад 11 мая (24 — по новому стилю) 1900 г. под грохот торжественного салюта кораблей Балтийского флота, собравшихся на Неве, из каменного эллинга Нового

откуда почти сразу направилась на Дальний Восток. Спешное усиление военно-морских сил России в этом районе было ответом на возрастающие политические амбиции импери-



Спуск на воду крейсера «Аврора», 11 (24) мая 1900 г.

Адмиралтейства в 11 ч 15 мин плавно сошел на воду корпус нового корабля, в паспорте которого значилось: «32-х пушечный трехвинтовой крейсер I ранга "Аврора"»

Вся длина с тараном .....416 фут  
 Наибольшая ширина .....55 фут  
 Среднее углубление в полном грузу .....21 фут  
 Полное водоизмещение .....6731,28 т  
 Общее число индикаторных сил механизмов для трех винтов .....11610».

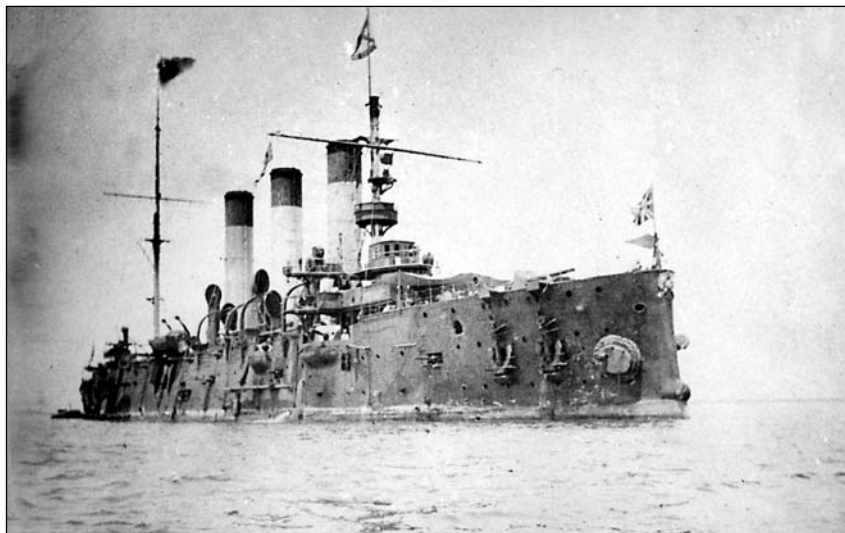
Через два года, после завершения достроечных работ, воскресным днем 28 июля 1902 г. крейсер отошел от достроечной стенки Нового Адмиралтейства, и в вахтенном журнале появилась первая запись, гласившая: «10 часов 20 минут. Снялись со швартовов и на буксире десяти паровых баркасов и, действуя судовыми машинами, пошли в Кронштадт».

Немногим более года ушло на приемные испытания корабля. Во второй половине сентября 1903 г. «Аврора» вернулась в Кронштадт,

алистической Японии. Пополнить морские силы на Тихом океане должен был очередной отряд кораблей под командованием адмирала А. А. Вирениуса, к которому и присоединилась «Аврора». Когда корабли добрались до Джибути, пришла весть о внезапном нападении японского флота на русские корабли в Порт-Артуре. Отряд опоздал —

русско-японская война началась. «Аврора», вернувшись на Балтику, вошла в состав формируемой 2-й Тихоокеанской эскадры. 2 октября 1904 г. крейсер вновь отправился на Дальний Восток — поход продолжался 224 дня. В ночь на 14 мая 1905 г. корабли вошли в Корейский пролив. Здесь, у острова Цусима, и произошло сражение с японским флотом, закончившееся разгромом русской эскадры. «Волею Всевышнего не суждено было увенчать ваш подвиг успехом, но беззаветным мужеством вашим Отечество всегда будет гордиться», — эти слова императора Николая II в полной мере можно отнести и к морякам крейсера «Аврора», на котором было убито десять человек, в том числе командир — капитан 1 ранга Е. Р. Егорьев, восемьдесят девять человек ранено (из них шесть смертельно и восемнадцать тяжело).

Три русских крейсера — «Аврора», «Олег» и «Жемчуг» — израненные, с почти пустыми угольными ямами пришли в порт Манилу (Филиппинские острова — в то время колония США), где вопреки ожиданиям были интернированы американскими властями с согласия русского правительства. Общественность Петербурга, прослышав о поражении эскадры, но не зная еще всех подробностей сражения, поторопилась обвинить командование кораблей в бегстве с поля боя. Отчеты и свидетельства очевидцев расставили все на свои места. Участник Цусимского сражения корабельный врач «Авроры» В. С. Кравченко писал: «Судьба сохранила вас в живых для Родины, для новых испытаний



«Аврора» после Цусимского сражения. 1905 г.



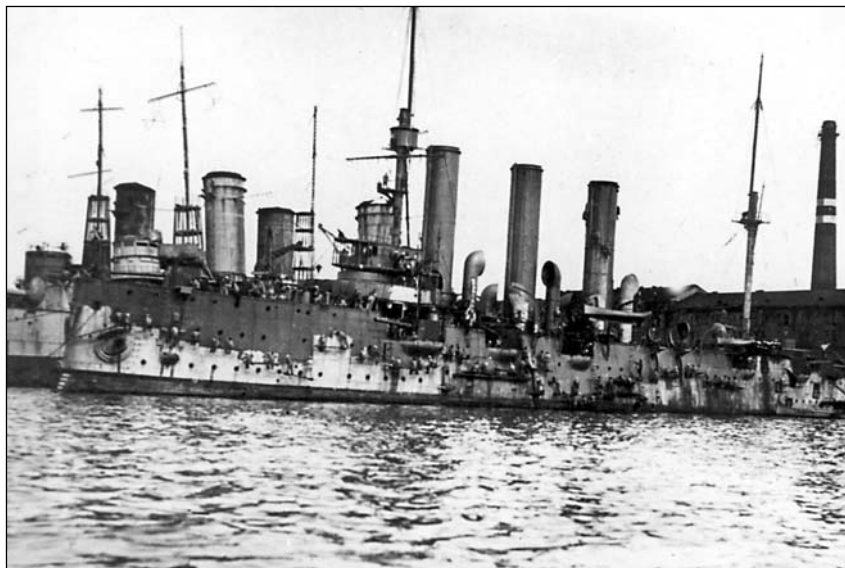


Петроград. 1917 г.

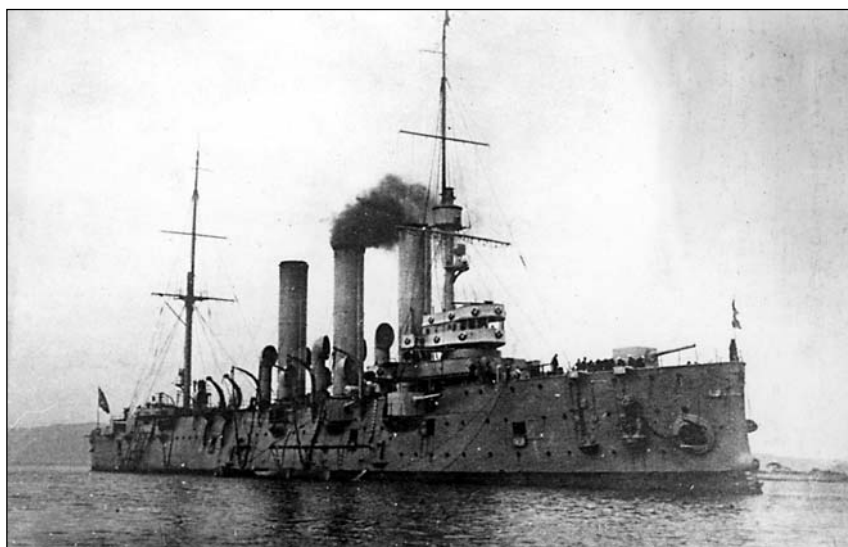
и новых подвигов, и стыдиться, аврорцы, вам нечего!»

Новый 1906 г. крейсер встретил на переходе в Россию. Позади оставался страшный 1905-й: стыд поражения в войне и полное непонимание происходящего в России, бунт на «Потемкине», слухи о революционном заговоре на «Цесаревиче», известия о выступлении матросов во Владивостоке. «Во вчерашних газетах одна телеграмма хуже другой о положении в России, жестокостям нет предела, существует легион разнообразных партий, — с отчаянием записал в своем дневнике лейтенант «Авроры» А. С. Зарин, — но понять, какая чего хочет, прямо невозможно».

19 февраля 1906 г. крейсер «Аврора» стал на якорь в порту Либавы, откуда 458 дней назад начинался его поход в составе 2-й



«Аврора» в Кронштадте. 20-е годы



Учебный крейсер «Аврора». Начало 30-х годов

Тихоокеанской эскадры. Далее были учебные походы и дальние плаванья. Возрождавшийся российский флот готовил новые кадры будущих моряков, и первым боевым кораблем для многих из них стала «Аврора».

17 июля 1914 г. в 12 ч 20 мин на крейсере получили радиограмму командующего флотом с приказом привести корабль в боевую готовность. Через два дня Германия объявила России войну, огонь которой вскоре охватил весь мир.

Два года «Аврора» несла боевую службу в составе Балтийского флота, пока износившиеся механизмы не потребовали капитального ремонта, для проведения которого крейсер прибыл в Петроград, где

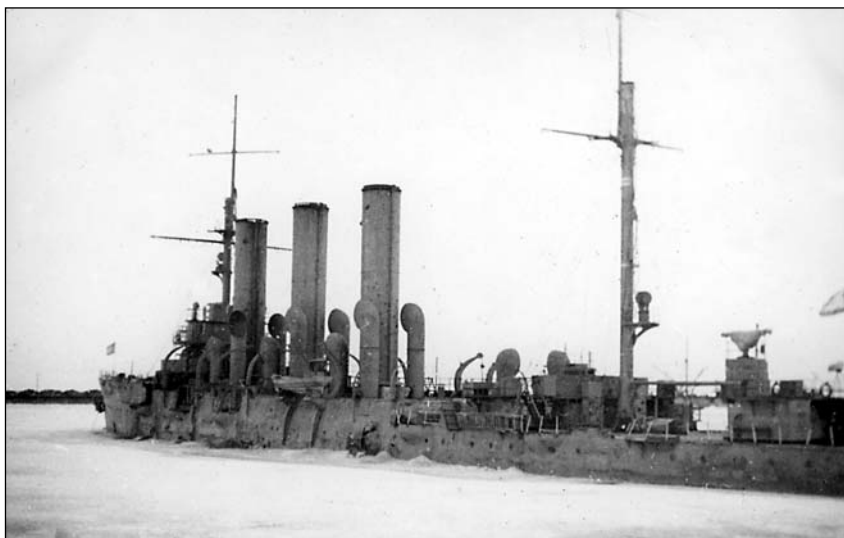
оказался в центре революционных событий 1917 г.

«Приблизительно с середины 30-х годов, благодаря художникам, поэтам, журналистам, режиссерам и некоторым писателям, началось воспевание крейсера «Аврора», — с горечью писал осенью 1958 г. Н. А. Ховрин, матрос-балтиец, с 1912 г. проходивший службу на линейном корабле «Император Павел I» (член КПСС с 1915 г., один из организаторов Центробалта в апреле 1917 г., участник гражданской и Великой Отечественной войн). ...Холостой выстрел «Авроры» вырос в ...залп!... Спустя 15—20 лет холодной выстрел начинают называть сигналом к общему штурму Зимнего дворца, а мы, участники этого штур-

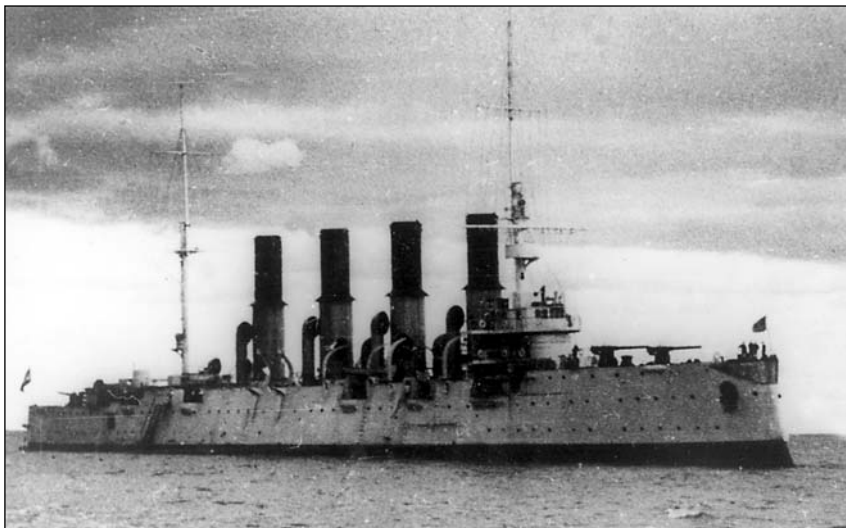
ма, узнаем об этом сигнале 15—20 лет спустя. Из архивных документов можно узнать, что выстрел с «Авроры» был сделан как призыв к спокойствию и бдительности, о чем команда крейсера писала в газету «Правду» спустя несколько дней после Октября».

В 1922 г. началось возрождение военно-морских сил страны. После осмотра «Авроры» специальная комиссия вынесла решение о возможности «после сравнительно несложных работ привести корабль в готовность для использования его в качестве учебного корабля». Не последнюю роль при этом сыграл тот факт, что крейсер всего четыре года назад прошел большой капитальный ремонт.

18 июля 1923 г. восстановленная «Аврора» уже вышла в море.



Крейсер в годы Великой Отечественной войны



«Аврора» в роли «Варяга» при съемках фильма «Крейсер "Варяг"». 1946 г.

Взамен четырнадцати 152-мм орудий, переданных в годы гражданской войны на военные флотилии, корабль имел теперь на вооружении десять 130-мм орудий и зенитные установки Лендера.

До 1933 г. корабль совершил несколько заграничных походов, служа учебным кораблем, а затем после капитального ремонта с 1935 г. стал несамоходным учебным крейсером, на котором проходили практику курсанты военно-морских училищ.

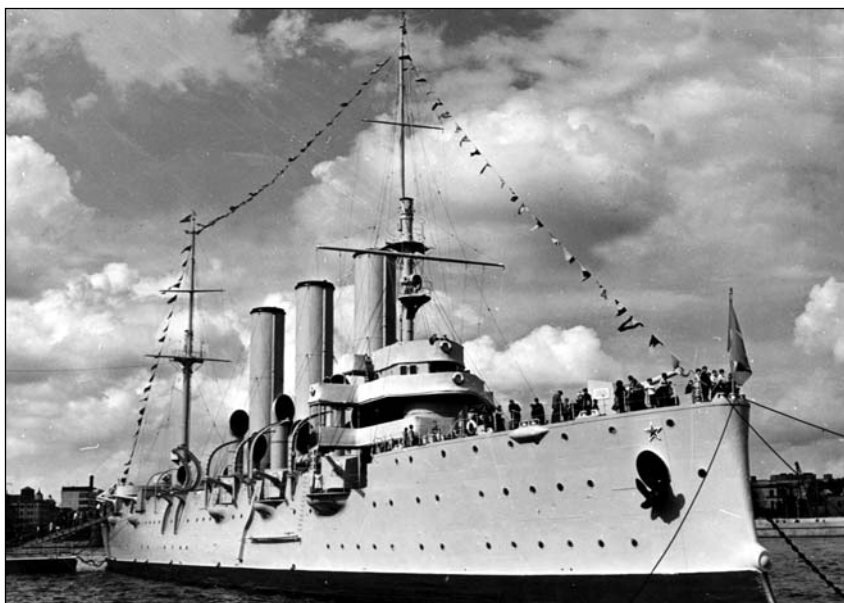
В годы Великой Отечественной войны 1941—1945 гг. крейсер был посажен на грунт в Ораниенбауме, в очередной раз передав свои орудия на сухопутный фронт.

В 1944 г. по инициативе заместителя наркома ВМФ адмирала флота И. С. Исакова «Аврору» бы-

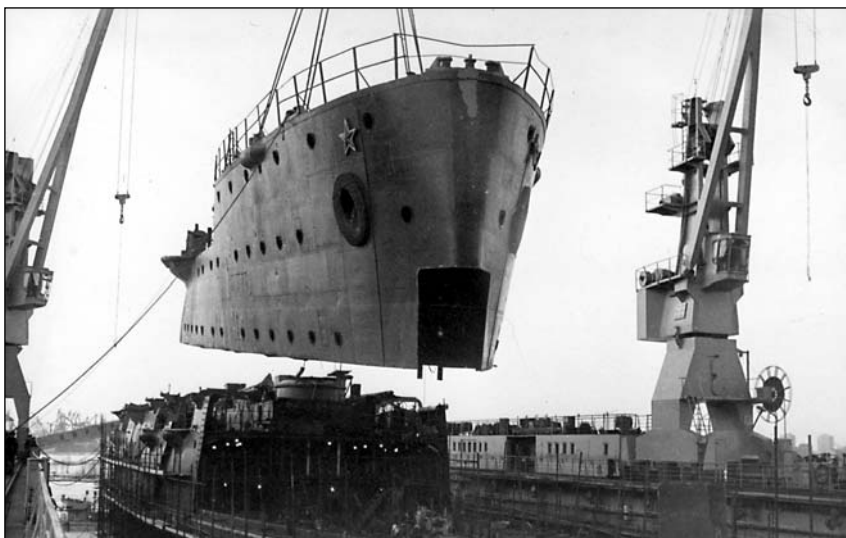
ло решено передать Нахимовскому училищу, сделав ее одновременно музеем-памятником, связанным с Октябрьской революцией и участием флота в обороне Ленинграда.

17 ноября 1948 г. крейсер после ремонта с установленными четырнадцатью 152-мм орудиями, которые пришлось собирать по арсеналам всех флотов, был переведен к месту своей вечной стоянки у Нахимовского училища на Большой Невке.

Первые годы корабль служил учебной базой для воспитанников Нахимовского училища. В 1956 г. корабельный музей получил статус филиала Центрального военно-морского музея. В 1960 г. постановлением Совета Министров РСФСР «Ав-



На вечной стоянке. Начало 70-х годов



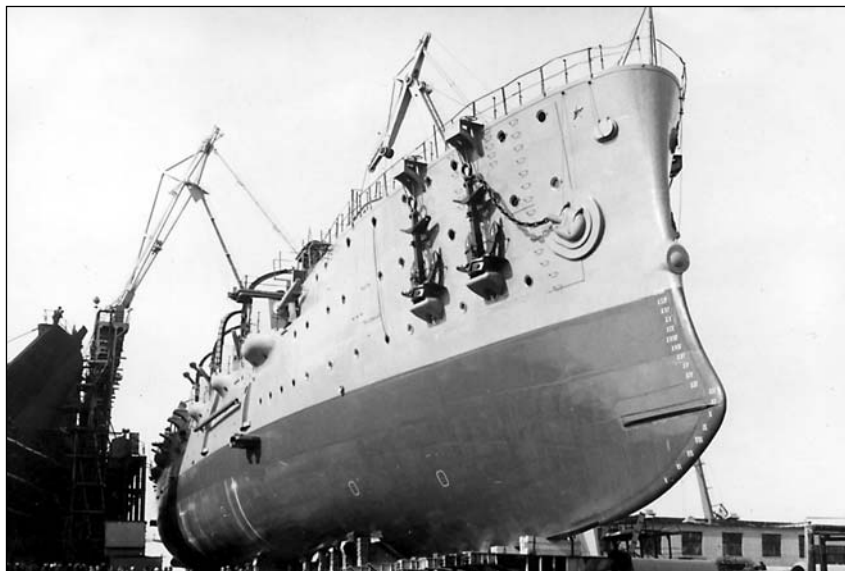
Отделение носовой оконечности от корпуса «Авроры» в ходе ремонта 1984—1987 гг.

рору» включили в число памятников, охраняемых государством, а спустя год (в связи с реорганизацией Нахимовского училища) крейсер, переставший быть базой для нахимовцев, передали в прямое подчинение командиру Ленинградской военноморской базы.

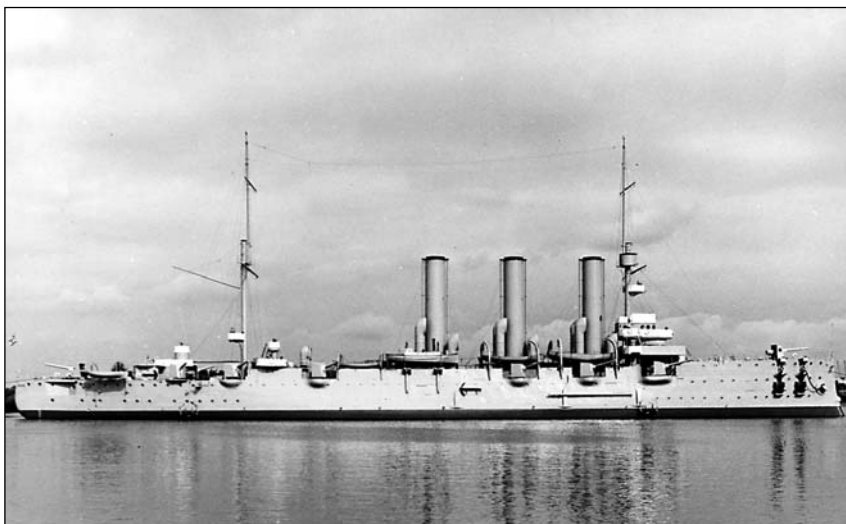
В канун празднования 50-летия Вооруженных Сил 22 февраля 1968 г. Краснознаменный крейсер «Аврора» был награжден орденом Октябрьской Революции.

К концу семидесятых годов стало ясно, что корпус корабля нуждается в серьезном ремонте, что подтвердили выводы созданной в октябре 1980 г. межведомственной комиссии по определению технического состояния корабля.

В ходе рассмотрения технических вопросов ремонта выявились две



Корпус «Авроры» с новой подводной частью после ремонта



«Аврора» после ремонта. 1987 г.

точки зрения на его проведение. Сторонники одной придерживались мнения о необходимости максимального сохранения корабельных конструкций, вплоть до постановки и дальнейшем использовании корабля в специальном плавучем доке, сторонники другой (победившей) считали достаточным восстановить лишь внешний облик корабля, не останавливаясь перед заменой даже всей его подводной части новой сварной, полной перепланировкой внутреннего расположения с применением современных технологий.

Работы по ремонту крейсера проводились на Ленинградском судостроительном заводе им. А. А. Жданова (ныне — ОАО «Север-

ная верфь») и продолжались с 1984 по 1987 г.

16 августа 1987 г. ведомая буксирами новая «Аврора» прошла путь от заводской стенки к Петроградской набережной, а 2 октября того же года корабельный музей был вновь открыт для посетителей.

26 июля 1992 г. в истории корабля произошло еще одно событие. На флагштоке крейсера был поднят возвращенный Военно-Морскому Флоту России Андреевский флаг. Судьба распорядилась так, что во второе столетие своей истории «Аврора» вошла под тем же славным Андреевским флагом, который впервые взвился на ней 100 лет назад.

## РЕФЕРАТЫ

УДК 629.553

**Ключевые слова:** танкер, характеристика, водоизмещение, груз.

**Кольский С. М. Новый танкер «SFAT-1»//Судостроение. 2000. № 4. С. 9—11.**

Рассматриваются конструктивные особенности танкера «SFAT-1», построенного ОАО «Красное Сормово» с учетом требований заказчика, виды перевозимого груза, а также меры пожаро- и взрывобезопасности. Ил. 1.

УДК 629.5.025.1.015.2

**Ключевые слова:** судовые крыльевые конструкции, вихревые модели, турбулентность, колебания и вибрация, характеристики.

**Старцев С. Б. Перспективы комплексного решения проблем нестационарной гидроаэродинамики судовых крыльевых конструкций на основе компьютерного прогнозирования//Судостроение. 2000. № 4. С. 11—13.**

Анализируются проблемы нестационарной гидроаэродинамики судовых крыльевых конструкций, обусловленные характеристиками набегающего потока, вибрацией и колебаниями несущей поверхности. Представлены планируемые направления решения этих проблем на основе использования современной компьютерной техники. Ил. 4. Библиогр.: 7 назв.

УДК 629.5.024-033.5:624.046.5

**Ключевые слова:** корпус, ударостойкость, стеклометаллокомпозит.

**Пикуль В. В. Перспективы создания прочных корпусов глыбоводной техники из стеклометаллокомпозита// Судостроение. 2000. № 4. С. 14—16.**

Приводится описание способа изготовления оболочки прочного корпуса из стеклометаллокомпозита, в котором стеклянный слой заключен между растянутыми металлическими обшивками. В процессе изготовления оболочки стеклослой приобретает высокую ударостойкость и прочность вследствие исключения поверхностных микродефектов, что позволяет создавать крупногабаритные корпуса, обладающие достаточной положительной плавучестью. Табл. 2. Библиогр.: 10 назв.

УДК 504.42.06

**Ключевые слова:** экология, контроль, морская среда.

**Семенов Ю. Н., Мохов С. Г., Алешин И. В. Контроль экологического состояния окружающей среды при проведении морских работ//Судостроение. 2000. № 4. С. 16—19.**

Дается описание организации оперативного контроля океана в местах интенсивных техногенных воздействий. Приводятся примеры использования современных информационно-оптических технологий для оперативного контроля состояния морской среды в районах повышенного экологического риска. Ил. 1. Табл. 1. Библиогр.: 11 назв.

УДК 629.5.03-83

**Ключевые слова:** подводная лодка, электроэнергетическая система, электродвижение, вентильный электропривод.

**Никифоров Б. В., Шишкин Д. Ю. Принципы построения электроэнергетической системы перспективной ДЭПЛ//Судостроение. 2000. № 4. С. 20—23.**

Анализируются возможные направления достижения максимальной эффективности электроэнергетических систем перспективных дизельных подводных лодок. Ил. 2. Табл. 4.

УДК 621-83(1-81):629.5.035:629.585

**Ключевые слова:** корабль, физическое поле, вертикальное и горизонтальное крыло, расчет.

**Абдулов К. Я. О некоторых системах искажения гидродина-**

**мического поля корабля//Судостроение. 2000. № 4. С. 23—26.**

Рассматриваются некоторые результаты работ, проводившихся в 50—60-е годы, по снижению гидродинамического поля тральщиков с помощью различного типа подводных крыльев и заглубленных дисков, буксируемых за кораблем. Ил. 3.

УДК 621.039.58:629.5

**Ключевые слова:** судно, атомная энергетическая установка, плавающая электростанция, радиационная обстановка, страхование.

**Щеголев Л. И. Радиационный риск и страхование судов с АЭУ//Судостроение. 2000. № 4. С. 27—32.**

Рассматривается сложившаяся ситуация с законодательным обеспечением компенсации потенциального ущерба за счет страхования. Показано, что при экстремальных воздействиях на перспективную плавучую атомную теплоэлектростанцию радиационный риск для персонала можно считать социально приемлемым. Ил. 1. Табл. 4. Библиогр.: 11 назв.

УДК 621.313.322.018.51:629.5 **Ключевые слова:** электрогенератор, преобразователь аналогоцифровой, синхронизация, частота, фаза, погрешность.

**Кузнецов Б. П. Программная синхронизация судовых электрогенераторов//Судостроение. 2000. № 4. С. 33—36.**

Предлагается новый подход к программной реализации функций синхронизации судовых электрогенераторов. Описываются методы определения частоты и разности фаз напряжений синхронизируемых источников электроэнергии, а также упрощенный алгоритм процесса программной синхронизации электрогенераторов. Ил. 6. Табл. 1. Библиогр.: 6 назв.

УДК 681.51:629.5.072.1

**Ключевые слова:** судно, спутниковая навигационная система, ходовые испытания.

**Испытания системы автоматического управления движением судна по заданной траектории/Г. Э. Острецов, Л. М. Клячко, Г. М. Довгоброд, Э. В. Дюжев//Судостроение. 2000. № 4. С. 37—39.**

Анализируется проблема создания и опытной эксплуатации системы автоматического управления движением судна по заданной траектории с помощью спутниковой навигационной системы. Ил. 6.

УДК 621.398.694.4-531.4

**Ключевые слова:** платформа, угловые перемещения, аналогоцифровой преобразователь, трансформатор, погрешность.

**Епифанов О. К. Преобразование угловых перемещений крупногабаритных платформ в цифровой код//Судостроение. 2000. № 4. С. 39—44.**

Излагаются принципы построения и результаты реализации следящих аналогоцифровых преобразователей угла амплитудного типа «угол—параметр—код» на основе ряда крупногабаритных двухотчетных многополюсных вращающихся трансформаторов, в том числе с собственными подшипниками и поводковой муфтой. Приводятся подробные технические характеристики и результаты измерений их точностных показателей. Ил. 4. Табл. 1. Библиогр.: 5 назв.

УДК 621.791.052-192:629.5 **Ключевые слова:** сварка, деформация, упрочнение, долговечность.

**Горбач В. Д., Михалов В. С. Поверхностное упрочнение сварных соединений с целью повышения коррозионно-**

**усталостной долговечности судовых конструкций // Судостроение. 2000. № 4. С. 45—48.**

Анализируются результаты исследований влияния поверхностного пластического деформирования сварных соединений на коррозионно-усталостную долговечность судостроительных конструкций, установлено влияние способа, режимов, районов расположения участков упрочнения и других факторов на долговечность этих конструкций. Имеются технологические рекомендации и организовано производство оборудования для упрочнения конструкций. Ил. 5. Библиогр.: 8 назв.

УДК 620.165.29-529

**Ключевые слова:** акустические неконтактные течеискатели, герметичность, программное и приборное обеспечение.

**Розинов А. Я., Ярыгин О. В. Акустический метод контроля герметичности при помощи программно-управляемых**

**средств // Судостроение. 2000. № 4. С. 48—50.**

Дается оценка перспектив использования в производстве судовых корпусных конструкций акустических неконтактных течеискателей нового поколения, разработанных на базе макета анализатора акустических полей сквозных микронеплотностей. Ил. 3. Табл. 1. Библиогр. 5 назв.

УДК 621.12:681.3

**Ключевые слова:** судно, база данных, затраты, прогноз, маркетинг.

**Клопов А. Е. Прогнозирование затрат предприятия-строителя на основе предложений заказчика // Судостроение. 2000. № 4. С. 51—53.**

Предлагается компьютеризированный метод прогнозирования затрат на постройку судна на предконтрактной стадии на основе ввода значений параметров, предложенных заказчиком. Табл. 2. Библиогр.: 3 назв.

---

---

## ABSTRACTS

---

---

**Kolsky S. M. New tanker SFAT-1**

The paper considers design features of tanker SFAT-1 built by JSC «Krasnoye Sormovo» with regard to Customer's requirements, types of carried cargo, as well as fire and explosion prevention measures.

**Startsev S. B. Outlook for integrated problem solving of transient hydroaerodynamics of marine hydrofoil structures based on computer prediction**

Problems of transient hydroaerodynamics of marine hydrofoil structures are analysed as a function of incoming flow characteristics, vibration and lifting surface oscillations. Promising ways of solving these problems are presented based on the use of present-day computer technology.

**Pikul V. V. Prospects for deep submergence vehicles with glass-metal composite hulls**

A method is described for manufacture of a pressure hull from glass-metal composite material in which the glass core is located between stretched metal sheathings. In the course of manufacture the glass core acquires high strength and impact resistance due to freedom from surface microdefects which permits to produce large-size hulls possessing an adequate positive buoyancy.

**Semenov Yu. N., Mokhov S. G., Aleshin I. V. Environmental ecological monitoring in areas of sea operations**

The paper deals with the problem of setting up operational control of the Ocean in areas of intense technogenic effects. Examples are given on the use of up-to-date information-optical technologies for real-time condition monitoring of marine environment in areas of higher ecological risk.

**Nikiforov B. V., Shishkin D. Yu. Principles of arrangement of electric power system for an advanced diesel-electric submarine**

The authors consider possible ways of achieving a maximum efficiency of electric power systems for advanced diesel submarines.

**Abdulov K.Ya. On some systems of distortion of ship's hydrodynamic field**

The author discusses some results of work undertaken in 1950-1960s in reduction of mine hunters' hydrodynamic fields with the use of various types of hydrofoils and submerged disks towed behind the ship.

**Shchegolev L. I. Radiation risk and insurance of nuclear-powered ships**

The author considers a state-of-the-art of legislative support for compensation of potential damage by insurance. It is pointed out that in the cases of extreme effects on a prospective floating nuclear heat

power plant the radiation risk for personnel can be considered as socially acceptable.

**Kusnetsov B. P. Programmed synchronization of marine electric generators**

A new approach to programmed synchronization of marine electric generators is proposed. Methods are described for determination of frequency and voltage phase differences of synchronized power sources, as well as a simplified algorithm of electric generator programmed synchronization.

**Testing of automatic ship trajectory control system / G. E. Ostretsov, L. M. Klyachko, G. M. Dvoglobrod, E. V. Dyuzhev, S. B. Startsev**

The authors consider the problem of the development and trial operation of a system for automatic control of ship movement along a preset trajectory by means of satellite navigation system.

**Epifanov V. K. Conversion of angular movements of large-size platforms to digital code**

The author expounds the principles of construction and results of realization of follow-up analog-to-digital angle converters of amplitude type «angle — parameter — code» based on a number of large-size double-section multipole rotary transformers, including those with own bearings and a quill driver. Detailed technical characteristics and measurement results of accuracy parameters are presented.

**Gorbach V. D., Mikhailov V. S. Surface hardening of welded joints for improving corrosion fatigue life of ship structures**

Investigation results are analysed concerning the influence of surface plastic deforming of welded joints on corrosion-fatigue durability of ship structures. The paper highlights the effect of the hardening method and conditions, position of treatment areas and other parameters on the durability of ship structures. Recommendations are given and the manufacture of hardening equipment has been set up.

**Rosinov A. Ya., Yarygin O. V. Acoustic method for tightness control by means of programmable facilities**

Prospects are evaluated for potential use in ship hull production of a new generation of acoustic non-contact leak detectors developed on the basis of a mock-up of acoustic field analyzer of discontinuities.

**Kloпов A.E. Forecasting of builder's costs on the basis of owner proposals**

A computer-aided methods of ship construction costs forecasting is suggested for the pre-contract stage of negotiations using the initial parameter values specified by the customer. Information Section