

СУДОСТРОЕНИЕ

Издаётся с 1898 г.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

ISSN 0039-4580

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СУДОВ

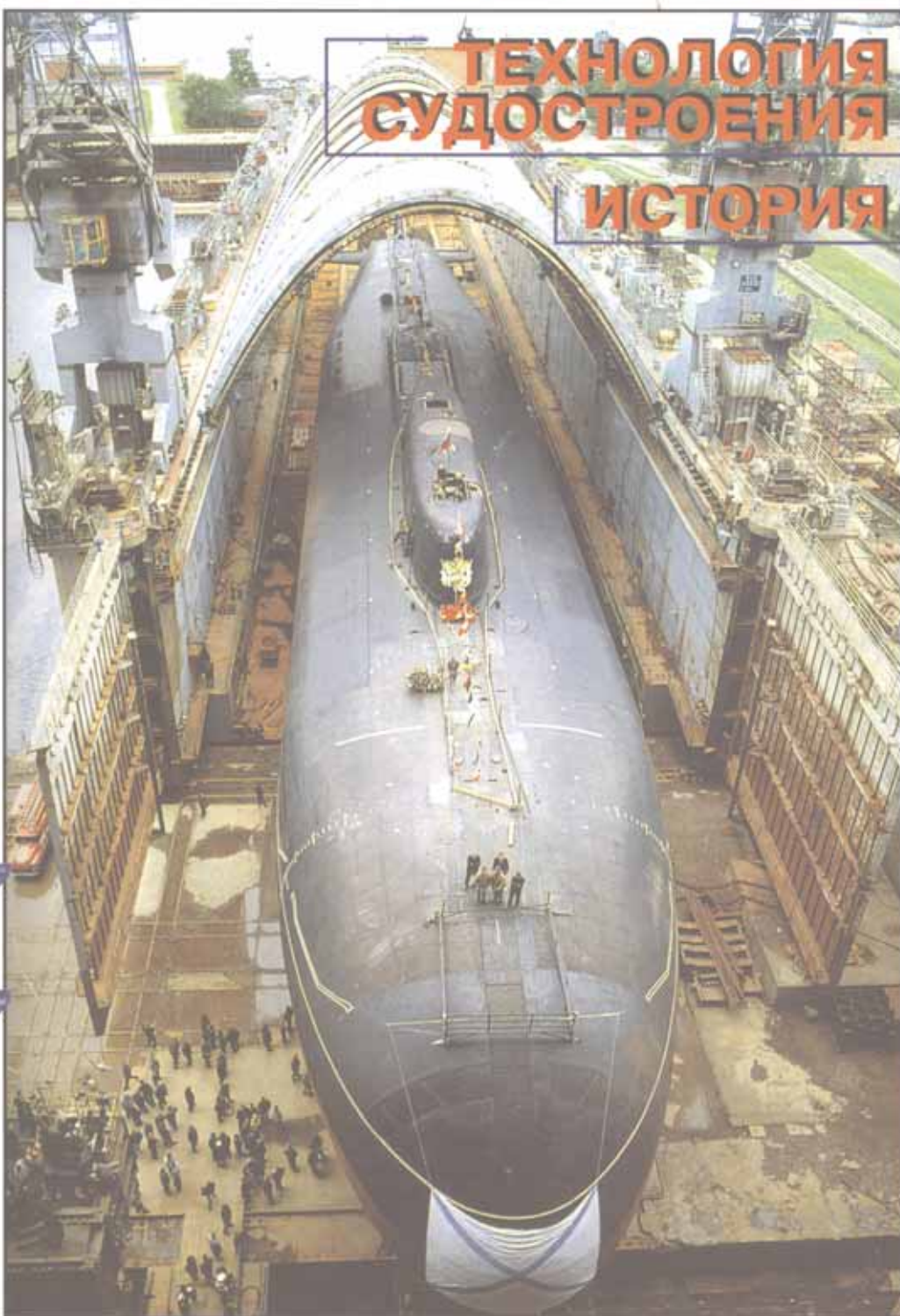
**ВОЕННОЕ
КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ**

**№ 6
1999**

**СУДОВОЕ
ОБОРУДОВАНИЕ**

**ТЕХНОЛОГИЯ
СУДОСТРОЕНИЯ**

ИСТОРИЯ



(727) ноябрь—декабрь
Издается с сентября 1898 г.

Главный редактор
О. П. Ефимов

Редакционная коллегия:

Г. П. Альфер,
А. А. Андреев,
Н. В. Барabanov,
В. В. Беляшин,
В. В. Войтецкий,
В. Д. Горбач,
И. В. Горынин,
В. С. Дорин,
И. Г. Захаров,
С. Д. Климовский,
А. В. Кутейников,
Н. А. Лазаревский,
В. Ф. Мануйлов,
О. М. Палий,
Д. Г. Пашаев,
В. М. Пашин,
Л. П. Седаков,
А. Н. Ситников,
В. Е. Спиро,
В. Ф. Суслов,
В. С. Чачко,
В. В. Шаталов,
В. Е. Юхнин

Зам. главного редактора

А. Н. Хаустов
тел. (812)186-05-30
факс: (812)186-04-59
E-mail: cniits@telegraph.spb.ru

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
Государственным научным
центром ЦНИИТС**

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

© Журнал «Судостроение», 1999

СОДЕРЖАНИЕ

НА ПРЕДПРИЯТИЯХ СУДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ	4
ПРОЕКТИРОВАНИЕ СУДОВ	
Ходоровский А. Л. Опыт применения различных CAD-систем при проектировании обводов корпуса	8
Крыжевич Г. Б. Вероятностный метод расчета нелинейной качки судна и силовых воздействий на корпусные конструкции	11
Шостак В. П., Голиков В. И. Алгоритм определения запаса усталостной прочности буровых труб при эксплуатации бурового судна	15
Панков В. И. Классификация судов и плавучих технических средств нефтегазопромыслового флота	17
ВОЕННОЕ КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ	
Жаринов А. В., Вексляр В. Я., Дронов Б. Ф. Влияние формы носовой оконечности подводной лодки на гидродинамические характеристики обтекания корпуса и шумность гребного винта	21
СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ	
Розенберг Г. Ш., Неелов А. Н., Голуб Е. С., Мадорский Е. З., Винницкий М. Л. Экспертные системы технической диагностики «Вещун»	27
СУДОВЫЕ СИСТЕМЫ И УСТРОЙСТВА	
Степанов А. М., Федоров А. Л. Энергетические перспективы водометных движителей	31
ЭЛЕКТРО- И РАДИООБОРУДОВАНИЕ СУДОВ	
Киреев Ю. Н., Карандашов А. Ю., Юрин А. В. Автоматизированная система проектирования судовых электрических сетей	35
Висленев Ю. С., Кузнецов С. Е., Лемин Л. А. Оценка технического состояния судовых кабелей в эксплуатационных условиях	38
МОРСКОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ	
Бубнов Е. А. Расширение функциональных возможностей средств отображения информации корабельных систем централизованного контроля	41
Комляков В. А., Тарасюк Ю. Ф. Разовые зонды для измерения гидрофизических параметров океанической среды	43
ОРГАНИЗАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ПРОИЗВОДСТВА	
Лебедева А. Ю. Проблемы управленческого учета в российском судостроении	48
ТЕХНОЛОГИЯ СУДОСТРОЕНИЯ И МАШИНОСТРОЕНИЯ	
Ситников А. Н., Веселков В. В., Куклин О. С., Марголин Я. Г., Платонов Ю. И. Компьютерное моделирование и экспериментальная проверка процесса ротационно-локальной гибки	51
Ива А. А., Герасимов Н. И. Применение судостроительных технологий при изготовлении блоков и модулей для подземной атомной теплоэлектростанции	54
РЕМОНТ И МОДЕРНИЗАЦИЯ СУДОВ	
Луценко В. Т. Повреждения и ремонт подводной части БМРТ в Дальневосточном бассейне	57
ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОТДЕЛ	
Желтовский В. Г., Вершинин А. В., Петрович Ч. Ч. Создание и развитие Приморского ЦКБ (61). Журналу «Двигателестроение» — 20 лет (64). Выставка «Нева-99» (66).	
ИСТОРИЯ СУДОСТРОЕНИЯ	
Смирнов К. Д. Вооружение судов ледокольного отряда Беломорской военной флотилии	69
Игнатъев Э. П. Катер «Дагмар»	74
Богомолов В. С. Ученый-новатор	76

SUDOSTROENIE

SHIPBUILDING



(727) November–December
Published since September 1898

CONTENTS

AT THE SHIPYARDS	4
SHIP DESIGN	
Khodorovsky A. A. Experience with application of various CAD systems in the design of hull lines	8
Kryzhevich G. B. Probabilistic calculation procedure for non-linear ship motions and forces affecting hull structures	11
Shostak V. P., Golikov V. I. Algorithm for determination of fatigue strength margin of drilling pipes in the operation of a drill ship	15
Pankov V. I. Classification of ships and floating technical facilities of oil and gas production fleet	17
NAVAL SHIPBUILDING	
Zharinov A. V., Vexlyar V. Ya., Dronov B. F. The influence of the shape of a submarine's forward extremity on hydrodynamic flow about its hull and propeller noisiness	21
SHIPBOARD POWER PLANTS	
Rosenberg G. Sh., Neelov A. N., Golub E. S., Madorsky E. S., Vinnitsky M. L. Technical diagnosis expert systems «Veshchun»	27
HULL GEAR AND AUXILIARIES	
Stepanov A. M., Fedorov A. L. Power prospects of water-jet propellers	31
MARINE ELECTRICAL AND RADIO EQUIPMENT	
Kireev Yu. N., Karandashov A. Yu., Yurin A. V. Automated design system for shipboard electrical networks	35
Vislenny Yu. S., Kuznetsov S. E., Lemin L. A. Evaluation of the technical condition of shipboard cables in service conditions	38
MARINE INSTRUMENTS	
Bubnov E. A. Expanding functional capabilities of data display means of shipboard centralized control systems	41
Komlyakov V. A., Tarasyuk Yu. F. Expendable probes for measuring hydrophysical parameters of an oceanic environment	43
INDUSTRIAL ENGINEERING AND ECONOMICS	
Lebedeva A. Yu. Problems of managerial account in Russian shipbuilding	48
SHIPBUILDING AND MARINE ENGINEERING TECHNOLOGY	
Sitnikov A. N., Veselkov V. V., Kuklin O. S., Margolin Ya. G., Platonov Yu. I. Computer simulation and experimental verification of the local rotary bending process	51
Iva A. A., Gerasimov N. I. Application of shipbuilding technologies to the manufacture of units and modules for underground nuclear thermal electric station	54
SHIP REPAIR AND ALTERATIONS	
Lutsenko V. T. Damage and repair on underwater part of large freezer trawlers in Far East water basin	57
INFORMATION SECTION	
Zheltozsky V. G., Vershinin A. V., Petrovich Ch. Ch. The setting-up and development of Primorsky Central Design Bureau (61). Journal «Engine construction» — 20 years. (64). At the exhibition «Neva-99» (66).	
HISTORY OF SHIPBUILDING	
Smirnov K. D. Armament of ships in icebreaking unit of White Sea flotilla	69
Ignatyev E. P. Motor launch «Dagmar»	74
Bogomolov V. S. A scholar-innovator	76

Подписка на журнал «Судостроение» (индекс 70890) в России и СНГ может быть оформлена в почтовых отделениях, а также непосредственно в редакции. Подписной талон — на стр. 40

На 1-й стр. обложки — вывод подводной лодки из цеха в док (фото Сергея Кундывуса из фотоальбома «Северодвинск», посвященного 60-летию города); на 2-й стр. — на выставке «Нева-99» в Санкт-Петербурге (фото А. Н. Хаустова и О. Е. Гуляева); на 3-й стр. — репродукции с почтовых открыток из собрания Н. Н. Афонина

Журнал выпущен при поддержке
ГУП «Адмиралтейские верфи»,
ЦКБ МТ «Рубин»,
ГНЦ ЦНИИКМ «Прометей»,
ГНЦ ЦНИИ «Гидроприбор»,
ЦМКБ «Алмаз»,
ОАО «Новая ЭРА»

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

Литературные редакторы
С. В. Силякова,
Е. П. Смирнова,
Н. Э. Смирнова

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

Цветоделение
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

Печать — ООО «ЛИСОВ АВС»
190000, Санкт-Петербург,
Исаакиевская пл., д. 7/1
Лицензия ПЛД № 69-436

Подписано в печать 29.12.99 г.
Формат 60 x 90/8. Гарнитура FuturaBookC.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 10.
Каталожная цена 50 руб.

Адрес издательства:
Россия, 198095, Санкт-Петербург,
Промышленная ул., 7, ЦНИИТС
<http://www.bestrussia.com/net/ritm/index.htm>

Лицензия ЛР № 040801

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО ПО СУДОСТРОЕНИЮ

**ПОЗДРАВЛЯЕТ ВСЕХ ЧИТАТЕЛЕЙ
ЖУРНАЛА «СУДОСТРОЕНИЕ», РА-
БОТНИКОВ СУДОСТРОИТЕЛЬНОЙ
ОТРАСЛИ С НОВЫМ 2000 ГОДОМ!**

Являясь федеральным органом исполнительной власти, обеспечивающим реализацию государственной политики в области судостроительной промышленности, Российское агентство по судостроению ставит перед собой задачи формирования и реализации программы развития научно-технического потенциала отрасли, обеспечения координации и государственного регулирования деятельности предприятий и организаций, совместно с Минобороны России и другими государственными заказчиками – формирования государственного оборонного заказа, а также будет выступать в роли заказчика разработок и производства продукции гражданского назначения, выполнять другие важные функции, связанные с деятельностью судостроительной отрасли России.



Сложная экономическая ситуация в стране заставляет всех нас объединить усилия для стабилизации, укрепления и дальнейшего развития научного и производственного потенциала отечественного судостроения — одной из важнейших отраслей экономики Российской Федерации. На это, главным образом, и будет нацелена работа Российского агентства по судостроению.

Уверен, что российские кораблестроители, сохраняя традиции корабелов прошлого, выведут военно-морской, транспортный и рыболовный флоты России на качественно новый уровень, достойный морской державы с огромным экономическим потенциалом. А это — путь и к реальному повышению благосостояния трудящихся.

Поздравляя всех с Новым годом, хочу пожелать крепкого здоровья, благополучия и новых творческих достижений на благо нашей Родины.

**В. Я. Поспелов,
Генеральный директор
Российского агентства по судостроению**

НА ПРЕДПРИЯТИЯХ СУДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ



По материалам выставки «Нева-99»



ГМП «ЗВЕЗДОЧКА»

Одному из крупнейших судоремонтных и судостроительных предприятий России — ГМП «Звездочка» — в 1999 г. исполнилось 45 лет. Наряду с ремонтом и модернизацией атомных подводных лодок, на предприятии успешно развивается гражданское судостроение, выполняются заказы зарубежных партнеров. Примером военно-технического сотрудничества стал ремонт индийской дизель-электрической подводной лодки «Синдувир» (пр. 877 ЭКМ). Контракт на ремонт и модернизацию лодки ГК «Росвооружение» подписала с индийской стороной в декабре 1996 г., в июне следующего года на специальном транспортном судне лодку доставили в Северодвинск. Она не имела своего хода, аккумуляторные батареи были выгружены, а прочный корпус, надстройка, трубопроводы, арматура, механизмы, торпедные аппараты требовали серьезного ремонта. Работы, в том числе замена участка прочного корпуса, выполнялись в эллинге. В апреле 1999 г. обновленная лодка была спущена на воду.

Освоению специалистами «Звездочки» западных норм, требований и технологий способствовало участие в строительстве норвежской полупогружной газодобывающей установки «Asgard B». Партнеры «Звездочки» в этой работе — фирмы Kvaerner Oil & Gas (Норвегия), Mostostal (Польша), Daewoo (Южная Корея). Газодобывающая ППБУ заказана компаниями Statoil и Saga Petroleum для эксплуатации на месторождении в Северном море.

ОАО «СУДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД «КАМА»»

В производственную программу предприятия в настоящее время входят танкеры пр. 15790Т смешанного «река—море» плавания грузоподъемностью 3000/4310 т, модернизированные буксиры пр. 07521 класса М-СП мощностью 1400 л. с., малые морозильные траулеры пр. 13307, патрульные катера пр. 14081 и 14084, моторные яхты пр. 10496, а также машиностроительная продукция (судовая трубопроводная арматура, судовые колокола, фланцы, палубные втулки), мебель.

Танкер-продуктовоз пр. 15790Т, разработанный на базе нефтерудовоза пр. 15790, строится для судовой компании АО «Волготанкер». Его наибольшая длина 125,6 м, ширина 13,74 м, высота борта 6,5 м, осадка (река/море) в грузу 3,75/4,57 м.

В сентябре 1999 г. голландской компании сдан корпус танкера-химовоза «Christiaan» массой 790 т. Его размеры 110 x 11,4 x 3,65/5,3 м, объем танков 3400 м³. Выполняется второй аналогичный заказ.

ГУП «ОКСКАЯ СУДОВЕРФЬ»

Основные виды продукции, выпускаемой «Окской судовой верфью» (бывш. Навашинский судостроительный завод «Ока», в течение нескольких лет — АО), — сухогрузные суда смешанного плавания, контейнеровозы, нефтеналивные баржи, танкеры, а также автодорожные наплавные мосты, понтоны, комплектующие изделия к судовым грузоподъемным механизмам, мебель, металлические гаражи, домкраты и др. Предприятие с давними традициями судост-



Вывод из эллинга индийской подводной лодки «Синдувир» и отправка в Норвегию металлоконструкций для ППБУ «Asgard B» (ГМП «Звездочка»)

роения, располагающееся на территории 528 тыс. м², способно строить суда грузоподъемностью 3000—5000 т. Судостроительная продукция сертифицирована Российским Морским Регистром Судоходства.

ОАО «ОКТЯБРЬСКИЙ СУДОСТРОИТЕЛЬНО-СУДОРЕМОНТНЫЙ ЗАВОД»

«... Поздней осенью 1858 года две баржи заведены в тихую гавань вблизи деревни Собчино...» С этого началась история этого волжского предприятия (бывший завод им. 40-й годовщины Октября). Им освоена постройка сухогрузов, катамаранов, кораблей для ВМФ; осуществляется средний и капитальный ремонт пассажирских судов и судов на подводных крыльях. В настоящее время в программу судостроения входят самоходные грузовые суда разряда «Р» и «О», ледокольные платформы на воздушной подушке, прогулочные суда и катера, трюмные баржи и баржи-площадки, служебные катера. Освоено переоборудование речных судов в суда типа «река—море». В процессе ремонта выполняется подъем судов на слипе Г-150, кессонирование и докование (до 600 т). Более 25 лет завод выпускает судовые автоматизиро-

ванные станции приготовления питьевой воды типа «Озон», которые используются на всех видах речных судов и судов смешанного «река—море» плавания, а также в жилых домах, коттеджах и т. д. Кроме того, производятся судовые автоматизированные станции очистки и обеззараживания сточных и нефтесодержащих вод (СТОК-150, ОСНВ), малые полностью автоматические водопроводные станции подачи до 2000 м³/сут, канализационные очистные блочные комплексы, грейферы, двухпетлевые канатные стропы, термоскрепки, мебель и др.

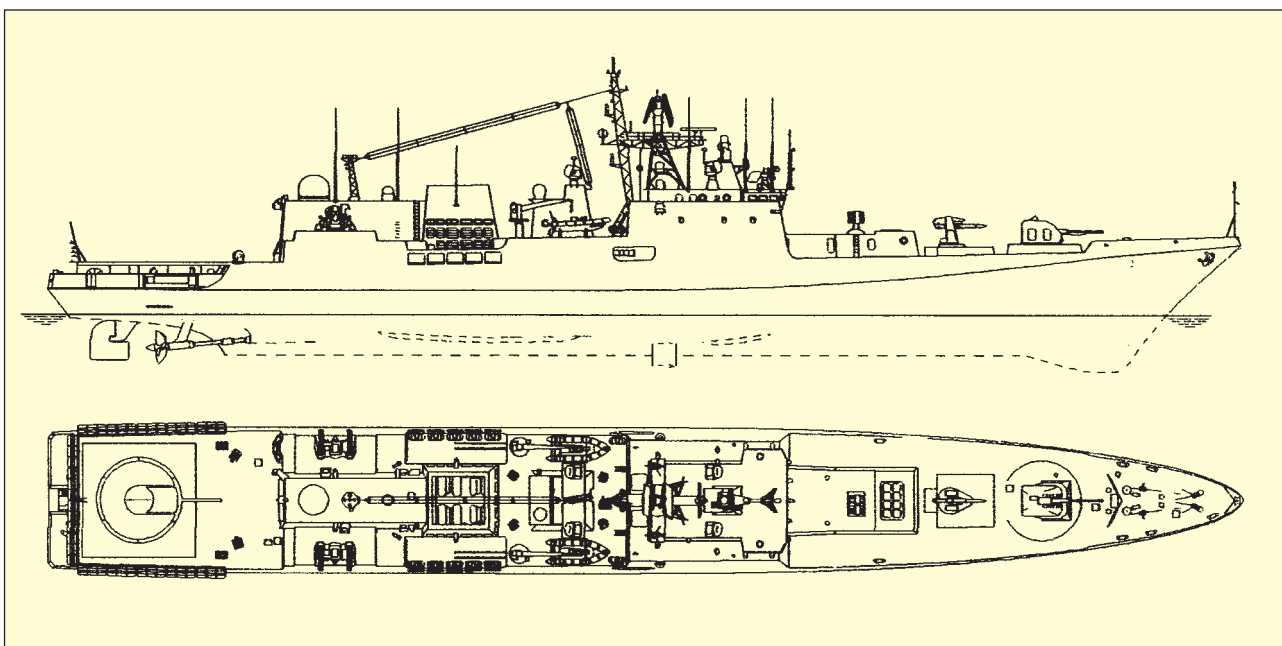
ГУП «СЕВЕРНОЕ ПКБ»

Среди проектов, которые представляло бюро на международной выставке «Нева-99», был фрегат водоизмещением 4000 т. Он предназначен для ведения в океанских и морских районах боевых действий против надводных кораблей и подводных лодок противника, а также отражения атак с воздуха как самостоятельно, так и в составе соединения кораблей в качестве эскортного корабля. Его главные размерения 124,8 x 15,2 x 4,2 м. Двухвальная газотурбинная энергетическая установка суммарной мощностью 41 220 кВт обеспечит скорость по-



На стапеле ГУП «Окская судостроительная верфь»

лого хода около 30 уз; дальность плавания — 4500 миль. Электроэнергетическая установка включает в себя четыре дизель-генератора по 800 кВт. Экипаж вместе с летным составом (на корабле базируется вертолет Ка-28 или Ка-31) состоит примерно из 200 чел. Автономность фрегата 30 сут. Вооружение: ударное — 8 ПКР «Club-N», зенитное — 24 ракеты «Штиль-1», 2 РАУ «Каштан», восемь переносных ЗРК «Игла-1Э»; артиллерийское — одна 100-мм артиллерийская установка А190; противолодочное — 2 x ДТА-53, 1 РБУ-6000, ГАС «Нумса», ГАС SSN-137; радиотехническое — РЛС «Фрегат-М2ЭМ», СОЦ «Каштан», НРЛС МР-212/201-1, НРЛС «Bridge-Master»; средства РЭП — комплекс «Асор», устройство постановки пассивных помех — ПК-10.



Фрегат водоизмещением 4000 т, спроектированный Северным ПКБ



Удлинение финского ролкера «Finnoak» на литовской верфи Vakarų laivų remontas (Western Shiprepair Yard) в Клайпеде осуществлено в апреле—июле 1998 г. с участием петербургской судостроительной компании «АКО БАСС»

СУДОСТРОИТЕЛЬНАЯ КОМПАНИЯ «АКО БАСС»

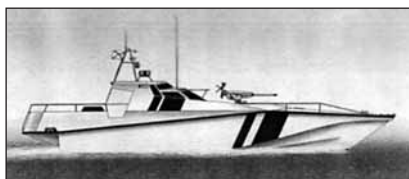
Эта компания, основанная в Санкт-Петербурге в 1992 г., сейчас имеет сеть дочерних фирм и филиалов в России, других странах СНГ и в Прибалтике. Основные направления деятельности — судостроение, судоремонт, переоборудование и удлинение судов, монтаж и ремонт трубопроводов, изготовление металлоконструкций. Сотрудничая с большим числом верфей, компания является субподрядчиком в реализации множества проектов.

В судостроении это, например, сборочные и сварочные работы при постройке танкеров на Адмиралтейских верфях, балкера — на Балтийском заводе, лоцманского судна — на «Алмазе», спасательного судна — на «Квернер—Выборг верфь». Компания участвовала в переоборудовании платформы «Odyssey» по программе «Sea Launch», автомобилевоза в судно для перевозки живого скота («Al Messilah»), рыболовного судна в кабелеукладчик («Inda»), траулера в научно-исследовательское судно («Atlantic Challenger»). При удлинении ролкера «Finnoak» была изготовлена и смонтирована цилиндрическая вставка массой 450 т, у танкера «Viitta Theresa» вставка имела массу 200 т, у рыболовного судна «Ella» — 70 т. Среди последних судоремонтных работ — корпусные работы с заменой 90 т конструкций

у судна «Московский фестиваль» на Новороссийском СРЗ. Постоянный персонал компании (340 чел.) состоит из квалифицированных руководителей, инженеров и рабочих, аттестованных ведущими классификационными обществами мира.

ОПЫТНЫЙ ЗАВОД

Опытный завод (Шлиссельбург), специализирующийся на проектировании и строительстве малогабаритных земснарядов, выпустил земснаряды с глубиной разработки до 5 м и производительностью по пульпе 400 и 800 м³/ч. Их марка — соответственно ЗГН-5Э/400 и ЗГН-5Э/800, габариты 11,8 x 3,8 x 2,5/0,75 м, осадка 0,5 м, масса 9,5 т и 12,5 т. Земснаряды предназначены для добычи песчано-гравийной смеси, очистки водоемов от ила и песка, разработки подводных траншей для укладки трубопроводов или кабелей, намыва строительных площадок. Корпус плавсредства состоит из трех понтонов, причем боковые понтоны связаны с основным специальными замками. Грунтозаборное устройство состоит из ра-



Катер береговой охраны пр. А-60

мы, гидрорыхлителя и центробежного грунтового насоса марки ГрАУ400/20 или ГрАУ800/28. Дальность транспортировки пульпы — до 500 м.

ОАО «СУДОСТРОИТЕЛЬНАЯ ФИРМА «АЛМАЗ»»

Судостроители «Алмаза» предлагают катер береговой охраны нового проекта А-60. Он предназначен для действий по вызову и несения дежурной службы в прибрежных районах морей, открытых рейдах морских портов и гаваней и др. Основные характеристики катера: наибольшая длина 19,2, ширина 4,5, осадка 1 м, крейсерская скорость 40 уз (максимальная — 57 уз), автономность 24 ч, экипаж 4 (+2) чел. Два главных двигателя марки MTU 16V2000M90 имеют мощность 2 x 1343 кВт при 2300 об/мин. В зависимости от решаемых задач на катере может быть установлено стрелковое оружие калибра 7,62 мм, 12,7 мм, 14,5 мм. Кроме охраны территориальных вод, прибрежной экономической зоны и районов рыболовства катер может использоваться для спасательных операций, таможенной службы и др.

ОАО «АЛЮКОРП»

Московское предприятие «Алюкорп», в число акционеров которого входит ОАО «Судостроительный завод «Волга»», предлагает серийную поставку малых речных быстроходных грузовых судов пр. 20330. При размерениях корпуса из алюминево-магниевого сплава 12,75 x 3,9 м, осадке 0,54/1,1 м судно оснащается двумя дизелями «Mercruiser»/«Volvo Penta» мощностью 155—190 кВт с угловыми колонками, обеспечивающими скорость 35—45 км/ч. Масса перевозимых грузов, включая контейнеры и колесно-гусеничную технику, может достигать 4,5 т. Малая осадка и наличие носовой аппарели позволяют осуществлять погрузку—разгрузку на необорудованный берег. Особенностью судна является возможность его трансформации с по-

мощью съемных блоков (кормового или носового) в грузопассажирское, которое может брать на борт от 5 до 40 чел. При установке на грузовой палубе автономных технических блоков судно может быть превращено в пожарное, водолазное, рефрижераторное, а также для борьбы с разливами нефтепродуктов. В качестве движителя возможна установка водомета. Управление судном осуществляется одним человеком. Головное судно было спущено на воду 17 июня 1999 г. и на испытаниях показало скорость 45 км/ч. На базе запатентованной платформы предприятие приступает к созданию модификаций судов данного проекта.

СП ОАО «АСТРАХАНСКИЙ КОРАБЕЛ»

Совместное предприятие — открытое акционерное общество «Астраханский корабел» — создано в 1996 г. для выполнения работ по судостроению, судоремонту, постройке плавучих буровых установок и других плавсредств. Учредителями с российской стороны являются ОАО «Судостроительный завод "Лотос"», ОАО «Морской судостроительный завод», ОАО «Судостроительный завод "Красные баррикады"», ОАО «Атлант» (транспортировка крупногабаритных тяжеловесных грузов), ОАО «КБ "Вымпел"», ВП «Судоэкспорт», Волго-Каспийский акционерный банк, ОАО «Инвестиционно-финансовая компания "Юг"», ГП «Северо-Каспийское морское пароходство»; с финской стороны — фирма Aker Rauma Offshore, входящая в норвежский концерн Aker Maritime; с украинской — ЦКБ «Коралл».

Огромный потенциал компании — ведущей в области судостроения на Каспии — позволяет ей осуществлять различные проекты. Среди них — транспортировка модулей из Финляндии, сборка и модернизация СПБУ «Астра» (бывш. «Magawah»), сборка мелкосидящей буровой платформы «Sunkag» для консорциума Offshore Kazakhstan International Operating Company, участие совместно с АО «Казахстан-



Малогабаритный земснаряд ЗГН-5Э/400, построенный на Опытном заводе в Шлиссельбурге

касписельф» в работах по углублению Урало-Каспийского канала и реализации обширной программы освоения шельфа Каспийского моря, строительство пяти сухогрузов смешанного «река—море» плавания и серии из 14 судов дедвейтом 4700 т. Маркетинговый анализ показывает, что такие компании как «Астраханский корабел» помогут России вернуть утраченные позиции на Каспии и завоевать новые рынки сбыта для астраханской судостроительной продукции.

ОАО «СУДОСТРОИТЕЛЬНО-СУДОРЕМОНТНЫЙ ЗАВОД "МИДЕЛЬ"»

Это предприятие находится в г. Аксай Ростовской области и ориентировано на постройку, ремонт и модернизацию судов и плавсредств с доковой массой до 3000 т. На территории предприятия имеется слип Г-300, позволяющий размещать на стапельных площадках и ремонтировать до шести судов длиной до 145 м и шириной до 17 м. При очистке корпусов судов используется термореактивная пескоструйная установка «Зверь», обеспечивающая



Малое речное грузовое судно пр. 20330 (ОАО «Алюкорп»)

степень очистки до SA 2,5 по шведскому стандарту. Поскольку партнером ССЗ «Мидель» является английская фирма International Paint, на предприятии организован совместный контроль за процессами очистки и окраски судовых конструкций, что обеспечило значительное повышение надежности защитных покрытий. Завод сертифицирован Российскими Морским и Речным Регистрами.

ОАО «РОСТОВСКОЕ ЦПКБ "СТАПЕЛЬ"»

Основные направления работ Ростовского ЦПКБ «Стапель» — судостроение, судоремонт и модернизация судов; технология судостроения и судоремонта; техническая эксплуатация флота; гидротехнические сооружения; аварийно-спасательные, судоподъемные и буксировочные работы; подводно-технические и водолазные работы; дноуглубление водных путей и портов; ликвидация аварийных разливов нефтепродуктов и др. Среди работ бюро — разработка проектов, по которым строились суда технического флота («Аракс», «Якорь-1», «Дноуглубитель» и др.), реконструировались Славянский, Лайский и Килийский СРЗ. В последние годы специалисты бюро занимались переоборудованием речных теплоходов для плавания в морских условиях, «омолаживанием» судов, строительством 300-метрового причала в Азовском порту, созданием экологически чистых грейферов для пылящих грузов.

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ CAD-СИСТЕМ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ОБВОДОВ КОРПУСА

А. Л. Ходоровский (ЦКБ МТ «Рубин»)

УДК 681.322:629.5.012.6

Сегодня трудно представить процесс проектирования без применения компьютерной техники, особенно в крупных проектных организациях.

Рассмотрим опыт использования CAD-систем применительно к проектированию обводов теоретической поверхности корпуса подводной лодки (ПЛ). Следует отметить, что проектирование обводов корпуса ПЛ во многом отличается от проектирования обводов надводных кораблей.

На протяжении многих лет для задания обводов ПЛ в ЦКБ МТ «Рубин» используется метод радиусографии. Это объясняется необходимостью использования дуговых обводов для прочных конструкций корпуса, более высокой технологичностью таких обводов, обеспечением гладкости поверхности на начальной стадии ее задания, адекватностью воспроизведения обводов на плазе, простотой работы с сечениями шпангоутов, состоящими из участков дуг окружностей.

Метод радиусографии имеет две основные особенности:

поверхность строится путем «протягивания» сечения, состоящего из участков дуг и прямых, вдоль направляющих линий, причем параметры каждого элемента сечения меняются по своему определенному закону. При грамотном задании метод обеспечивает гладкость обводов уже на начальной стадии проектирования. Кроме того, можно модифицировать поверхность, сохраняя ее гладкость, путем изменения закона ее построения;

полученная поверхность имеет в любом шпангоутном сечении контур, состоящий из участков дуг и прямых, причем это происходит не аппроксимацией криволинейного сечения, а обеспечивается способом задания.

Первое обстоятельство определяет свойства обводов на этапе проектирования и требования к применяемой CAD-системе, второе — свойства обводов на этапе изготовления, поскольку гнуть каждый шпангоут по заданному радиусу проще, чем по криволинейному шаблону, что является определяющим, поэтому для проектирования обводов ПЛ до сих пор используется именно метод радиусографии.

Одним из недостатков метода является обеспечение гладкости смежных участков поверхностей не по второй, а только по первой производной, что, однако, не оказывает существенного влияния на гидродинамику лодки в расчетных режимах эксплуата-

ции. Этот очень простой по своей сути метод не может быть реализован во многих из существующих CAD-систем, хотя построение отдельных сечений в трехмерном пространстве (а не поверхностей) не представляет проблем.

Необходимо отметить, что метод радиусографии является определяющим только при проектировании подводных лодок. Для прочих объектов, а также на стадиях ранних проработок формирование обводов производится другими методами, которые предоставляют имеющиеся CAD-системы. С использованием различных CAD-систем за последние четыре года были спроектированы корпуса подводных лодок и аппаратов,

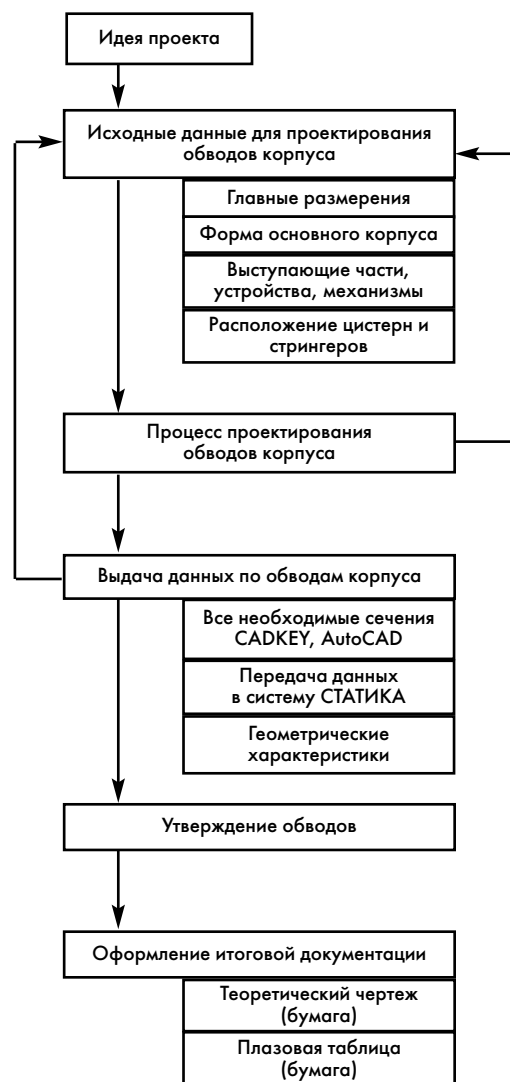


Рис. 1. Схема процесса, влияющих на формирование обводов корпуса

надводных судов различного водоизмещения, судна с малой площадью ватерлинии, буровых платформ различных конструкций и др. Эти работы позволили сделать определенные выводы о возможности использования каждой из имеющихся систем для проектирования обводов корпуса, выявить сильные и слабые стороны каждой из них. Одновременно были выработаны требования к «идеальной» системе с учетом специфики бюро.

Рассмотрим процесс формирования обводов корпуса, одновременно формулируя те требования, которым должна удовлетворять применяемая для этого система. На рис. 1 приведена упрощенная схема процесса формирования обводов корпуса и указаны основные этапы проектирования и их взаимосвязи. Здесь следует обратить внимание на два этапа: первый — это процесс согласования обводов отдельных участков поверхности корпуса с другими конструкциями и устройствами ПЛ; если эти требования окончательно не определены, то создается промежуточный вариант обводов, который корректируется на дальнейших стадиях проектирования, — это второй этап. Подобных циклов на каждом этапе может быть несколько и чередоваться они могут в любой последовательности. Заключительные этапы в пояснении не нуждаются.

Из рис. 1 видно, что и до, и после, и в процессе разработки обводов корпуса необходимо активно обмениваться информацией со специалистами других отделов, в основном по сечениям на том или ином шпангоуте или габаритам устройств. Во-первых, вся графическая информация поступает к разработчику обводов в форматах AutoCAD или CADKEY, и в таком же виде должны выдаваться результаты работы. Во-вторых, даже в рамках одного этапа проектирования (например, техпроект) обводы корпуса претерпевают очень много изменений, которые необходимо отрабатывать в сжатые сроки. Часто параллельно прорабатываются 2—3 варианта одного проекта. Таким образом, система должна обеспечивать внесение изменений в уже существующую геометрию без переделки ее целиком. В-третьих, необходимо обеспечивать передачу не только графической информации, но и численных значений для проведения

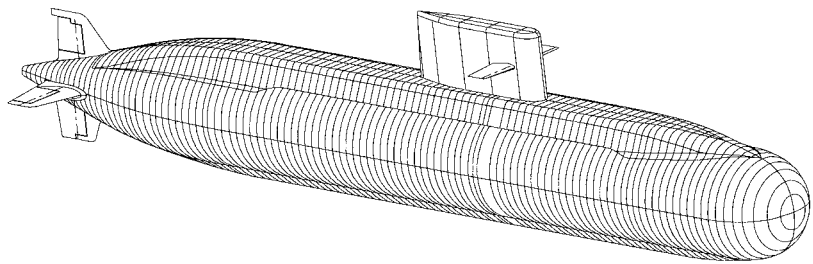


Рис. 2. Электронная модель корпуса подводной лодки, построенная в CADKEY

дальнейших расчетов по статике, динамике, нагрузке и т. д. Это не только единичные данные (водоизмещение, площадь смоченной поверхности, моменты инерции), но и большие массивы, описывающие обводы как корпуса в целом, так и отдельных помещений, цистерн и выгородок. Кроме того, система должна обеспечивать получение всей необходимой плазовой информации (а плазовая таблица для лодок несколько отличается от обычной плазовой книги надводных кораблей). Таким образом, основным требованием к инструменту проектирования является наличие у него ряда возможностей, а именно: создание и корректировка требуемых обводов, обмен данными с другими CAD-системами, передача данных по геометрии в другие расчетные программы, формирование плазовой таблицы.

Познакомившись с методами проектирования и определив требования, которым должны удовлетво-

рять используемые CAD-системы, перейдем к обзору систем, используемых в ЦКБ МТ «Рубин» для проектирования обводов корпуса. На сегодняшний день их четыре: CADKEY, АПИРС, CADDSS5 и Pro/Engineer.

Из рассматриваемых ниже четырех систем только АПИРС была специально приобретена исключительно для работ по проектированию обводов корпуса. Остальные системы, наряду с AutoCAD, активно используются другими подразделениями бюро для решения своих задач.

Система CADKEY с приложениями FastSURF и FastSOLID применяется на стадии рабочего проекта для окончательного задания обводов методом радиусографии (на уровне отдельных сечений), получения всей необходимой плазовой информации. Кроме того, CADKEY используется на тех стадиях проектирования, которые не требуют создания сложных поверхностей и их постоянной модификации: оформление теоре-

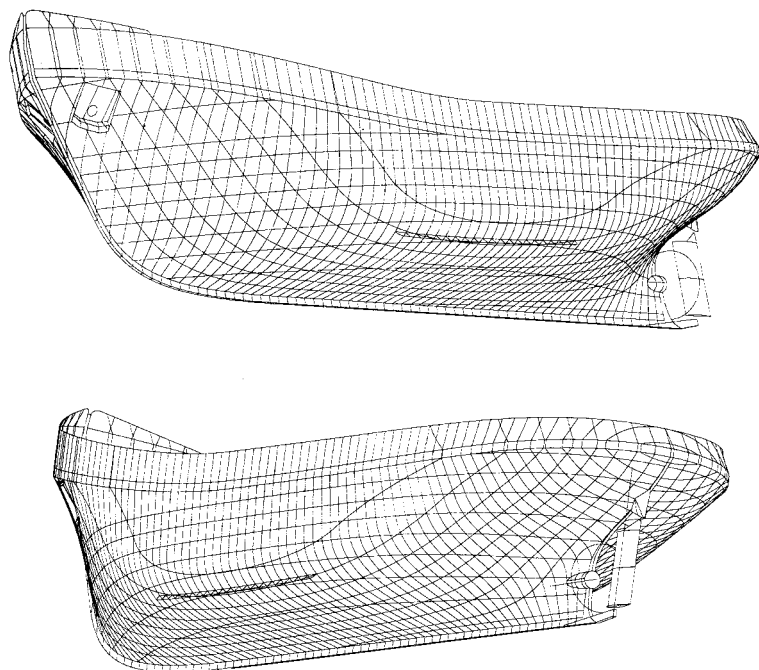


Рис. 3. Электронная модель корпуса буксира, созданная в CADKEY

тического чертежа, различные работы на уровне каркасной геометрии, проектирование несложных обводов с использованием поверхности и твердых тел. Преимущества CADKEY: удобство работы с трехмерными объектами и наличие всех необходимых функций для создания объемной каркасной геометрии; удобная работа со сплайнами и коническими кривыми; возможность работы с поверхностями и твердыми телами; наличие форматов обмена IGES, DXF, DWG. К недостаткам CADKEY относятся ограниченность средств создания поверхностей по различным законам, что не позволяет реализовать метод радиусографии на уровне поверхностей, и отсутствие возможности модифицировать уже созданную геометрию. На рис. 2 представлены обводы подводной лодки, заданные методом радиусографии и построенные на каждом практическом шпангоуте. С этой же модели получается вся необходимая плазовая информация в виде текстового файла, который формируется в таблицы в MS EXCEL. На рис. 3 приведен корпус буксира, построенного средствами FastSURF, где показаны сечения по шпангоутам, батоксам и ватерлиниям в трехмерном виде в двух ракурсах. Эти сечения получены как линии пересечения соответствующих плоскостей с поверхностью корпуса. Рис. 4 иллюстрирует возможности FastSOLID на примере твердотельной модели якоря Холла, при создании которой использовались булевы операции и сопряжения. Заданы все элементы вплоть до литейных радиусов.

Отечественная система АПИРС применяется на ранних стадиях проектирования (предэскизный, эскиз-



Рис. 4. Электронная модель якоря Холла, разработанная в CADKEY

ный и технический проекты), разработана специально для проектирования обводов корпуса и отличается возможностью модифицировать уже созданные поверхности, что обеспечивает широкий диапазон прорабатываемых вариантов и оперативность отработки вносимых изменений. Это достигается благодаря использованию математики (кривые и поверхности Безье), позволяющей быстро создавать и модифицировать обводы произвольной формы. Другим преимуществом АПИРСа является возможность передачи численных данных в систему СТАТИКА, разработанную в ЦКБ МТ «Рубин». Для описания обводов в СТАТИКЕ используется огромный массив точек, который генерируется АПИРСом автоматически. Кроме того, существует возможность «нарезки» отдельных помещений. Например, при проектировании ледостойкой буровой платформы со сложной комбинацией наружных обводов и внутрен-

них переборок цистерн вся необходимая геометрия была задана в АПИРСе за полдня, и в течение следующего рабочего дня было задано для проведения расчетов по статике порядка 100 отдельных помещений. Графическая информация передается через формат обмена DXF в виде любых сечений, каркасных линий, сетки шпангоутов и сети поверхности в двух- и трехмерном виде (существуют и другие форматы обмена, например Autocon, FastSHIP или Intergraph, но они весьма специфичны и другими имеющимися системами не поддерживаются). К недостаткам АПИРСа относятся: ограниченность средств создания поверхностей по различным законам, что не позволяет реализовать метод радиусографии в полном объеме; некоторые сложности с построением «каркасной» геометрии; отсутствие формата обмена IGES для передачи поверхностей; недостаточная точность аппроксимации сечений дугами при передаче в DXF. Эти недостатки не позволяют использовать АПИРС на стадии рабочего проекта для ПЛ. Однако для проектирования надводных кораблей АПИРС — незаменимое средство. На рис. 5 изображен корпус патрульного корабля, созданный в системе АПИРС.

Система CADD55 относится к «тяжелым» CAD-системам и применяется на этапе рабочего проекта для создания электронной модели поверхности корпуса в тех случаях, когда планируется формирование в той же CADD55 электронной модели корпусных конструкций, систем и пр. В последнее время рассматривается вопрос о передаче информации в формате CADD55 на ГУП «Адмиралтейские верфи». К преимуществам CADD55 относятся гораздо более мощные, чем в CADKEY, средства создания поверхностей и твердых тел, но, тем не менее, они недостаточны для решения всех встречающихся задач. Недостатки CADD55 такие же, как и у CADKEY, к ним можно добавить отсутствие формата обмена данными DXF и неудобство работы в эргономическом плане. Для CADD55 написаны различные процедуры, обеспечивающие передачу данных в СТАТИКУ, получение плазовой информации и пр.

Система Pro/Engineer появилась в бюро недавно. Сейчас идет период ее освоения, но уже сдела-

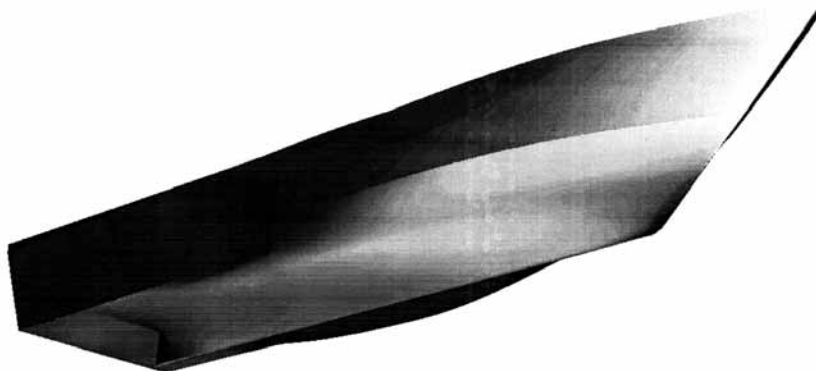


Рис. 5. Электронная модель корпуса сторожевого корабля, построенная в АПИРСе

но несколько работ, которые показывают перспективность Pro/Engineer для проектирования обводов корпуса. Это единственная из имеющихся в бюро систем, позволяющая использовать метод радиосографии в полном объеме на уровне поверхностей и твердых тел, обеспечивая не только задание, но и изменение созданной геометрии. Кроме радиосографии может также успешно применяться метод кривых второго порядка. Pro/Engineer предоставляет широчайший математический аппарат для проектирования обводов, но, являясь универсальной машиностроительной системой, требует некоторой адаптации к условиям судостроения для обеспечения более продуктивной работы.

Использование метода радиосографии предъявляет определенные требования к способам задания поверхностей и форме представления шпангоутных сечений. Ни одна из рассмотренных выше систем в полной мере не удовлетворяет этим требованиям. Поэтому при проектировании обводов корпуса сейчас используются все четыре в зависимости от характера обводов и формы представления результата. Отметим, что отчетными документами являются теоретический чертеж и плазовая таблица. Создание электронной модели поверхности корпуса является толь-

ко средством, обеспечивающим получение всей необходимой информации для выпуска документов на бумаге. В некоторых случаях электронная модель поверхности корпуса передается в другие подразделения бюро для дальнейшей работы. Но для большинства задач достаточно передачи в электронном виде только сечений. Что касается графической информации, то проблемы (в большей или меньшей степени) существуют всегда, когда есть этот обмен. Проблема обмена данными особенно остра для системы АПИРС, так как в нее можно передать только линии или точки через формат DXF, а из нее — любые сечения и каркасные линии тоже через формат DXF. При этом B-сплайны преобразуются в полилинии или дуги, но точность этих преобразований недостаточна для плазовой информации. В АПИРСе предусмотрена возможность формирования плазовой книги, но в нее заложен стандарт для надводных кораблей, а для ПЛ плазовая информация содержит иной объем данных и представляется в ином формате. Тем не менее, несмотря на наличие серьезных недостатков, АПИРС остается эффективным средством разработки обводов корпуса и является на данный момент основным инструментом на ранних стадиях проектирования.

На завершающем этапе проектирования — для получения и оформления плазовой документации — создается модель методом радиосографии в CADKEY на уровне сечений по практическим шпангоутам или в Pro/Engineer на уровне поверхностей. Затем с этой модели получают все необходимые данные для плазовой документации, которые формируются в таблицы в MS EXCEL и окончательно оформляются в MS WORD с использованием специально разработанных шаблонов.

В заключение можно сделать следующие выводы: для проектирования обводов корпуса используются универсальные и специализированные CAD-системы, обладающие определенными преимуществами и недостатками. Ни одна из систем не решает всех проблем, возникающих в процессе работы, в частности, обмена данными между системами. Поэтому продолжается поиск путей адаптации имеющихся систем. В то же время внедряются новые формы взаимоотношений между различными подразделениями бюро, а также между бюро и заводами-строителями. На сегодняшний день средства, которыми располагает ЦКБ МТ «Рубин», позволяют осуществлять весь процесс проектирования вплоть до получения плазовой информации на рабочем месте конструктора.

ВЕРОЯТНОСТНЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА НЕЛИНЕЙНОЙ КАЧКИ СУДНА И СИЛОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА КОРПУСНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Г. Б. Крыжевич, канд. техн. наук (ГНЦ ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова)

УДК 629.5.017.22.001.24

В современной практике проектирования судов и выполнения научно-исследовательских работ методы нелинейной статистической динамики применяются для определения параметров качки, анализа заливаемости палуб, нормирования динамической остойчивости, прогнозирования экстремальных нагрузок при оценке общей прочности судна, нахождения повторяемости внешних сил в расчетах усталостной долговечности судовых конструкций и решения других проблем, возникающих при создании новых проектов. Хорошо известны математические

затруднения, возникающие при решении подобного рода задач в нелинейной постановке. Поэтому обычно прибегают к наиболее простым методам, позволяющим получить результат с наименьшими затратами. Так, в расчетах качки и при оценке волновых (низкочастотных) нагрузок на корпус применяют различные варианты метода статистической линеаризации, при определении динамических нагрузок — метод функционального преобразования случайных величин, предполагая, что качка судна линейна, а гидродинамические силы, обусловленные слемингом, свя-

заны с кинематическими параметрами качки детерминированной зависимостью.

При использовании методов статистической линеаризации и функционального преобразования случайных величин анализ случайных процессов качки и силовых воздействий на корпусные конструкции производится в частотной области. Более сложным и трудоемким является метод численного моделирования этих процессов во временной области, основанный на математическом моделировании морского волнения с помощью его канонического разложения. Значительные затраты машинного времени при применении этого метода обусловлены численным интегрированием систем дифференциальных уравнений и необходимостью получения представительного статистического материала, которое достижимо при анализе порядка 10^6 встреч судна с волнами на каждом стационарном режиме вол-

нения. Кроме того, в этом случае остается не выясненным до конца вопрос о погрешности вычислений, связанной с фактическим игнорированием зависимости гидродинамических коэффициентов от частоты встречи судна с волнами в широком диапазоне частот (особенно при определении повторяемости нагрузок на корпус в расчетах усталостной прочности).

К сожалению, возможности существующих вариантов метода статистической линеаризации ограничиваются вычислением моментов первого и второго порядков процесса и последующим использованием корреляционной теории линейных систем, при котором пренебрегают неизбежно возникающими в нелинейных системах отличиями в законах распределения ординат (амплитуд) входного и выходного процессов несмотря на отсутствие в большинстве случаев оценок возникающих при этом погрешностей. Метод функционального преобразования случайных величин применим только к безынерционным системам. Оба метода нельзя использовать при наличии неоднозначной связи между амплитудами входного и выходного процессов, обусловленной появлением параметрических резонансов или хаотических колебаний при гармонических воздействиях на систему. В связи с этим представляется целесообразным разработать такой метод оценки плотности распределения вероятностей (ПРВ) амплитуд выходного процесса, который, обладая основными достоинствами отмеченных методов, не имел бы упомянутых выше ограничений при использовании в расчетах нелинейной качки и внешних сил, действующих на корпус в условиях морского волнения. Решение этой задачи и является целью настоящей работы.

Математическая модель нелинейной качки судна и воздействий нагрузок на корпус обычно формируется в виде нелинейной системы дифференциальных уравнений относительно фазовых координат, в качестве которых обычно рассматриваются линейные и угловые перемещения судна при качке, а также скорости этих перемещений. Внешние усилия, определяющие прочность корпусных конструкций, выражаются через эти перемещения, скорости, ускорения и параметры волн. В

общем виде анализируемые процессы $Z_i(t)$ (фазовые координаты, внешние силы и т. д.) находятся как решения (или функции решений) системы дифференциальных уравнений вида

$$dZ_i/dt = \psi_i[Z_1, Z_2, \dots, Z_n, \xi(t)];$$

$$i = 1, 2, \dots, n,$$

где ψ_i — некоторая нелинейная функция n фазовых координат; $\xi(t)$ — случайный (входной) процесс морского волнения, обладающий свойствами стационарности, нормальности и узкополосности.

При вероятностном анализе решений такой системы, как показано в работах [1—3], целесообразно выполнять неканоническое разложение входного процесса, при котором уравнение взволнованной поверхности жидкости в подвижной системе координат, связанной с движущимся со скоростью v судном, записывается в следующем виде [4]:

$$\xi(x, y, t) = R \cos\{(\Omega^2/g)(x \cos \varphi - y \sin \varphi) + [\Omega + (\Omega^2/g)v \cos \varphi]t + E\},$$

где R — случайная независимая величина, подчиняющаяся закону Рэлея с параметром, равным дисперсии σ_ξ^2 нормального процесса $\xi(t)$; Ω — случайная независимая величина с ПРВ p_Ω , равной отношению спектральной плотности S_ω процесса $\xi(t)$ к дисперсии $\sigma_\xi^2 (p_\Omega = S_\omega/\sigma_\xi^2)$; g — ускорение свободного падения; φ — курсовой угол движения судна по отношению к направлению распространения волн; E — случайная фаза, распределенная равномерно на промежутке $[0, 2\pi]$.

Стационарная часть решения системы (1), описывающая установившиеся колебания, может быть представлена в виде

$$Z_i(t) = \varphi_i(R, \Omega, t). \quad (2)$$

Значения случайных параметров R и Ω будем фиксировать на нескольких уровнях ($r_1, r_2, \dots, r_k, \dots, r_m$; $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_j, \dots, \omega_m$). При гармоническом внешнем воздействии с амплитудой r_k и частотой ω_j решение (2) будет иметь вид $z_{ik}(t) = \varphi_i(r_k, \omega_j, t)$.

Будем различать следующие виды откликов (выходных процессов) $z_{ik}(t)$ на гармоническое возмущение: моногармонический (рис. 1, а); поли-

гармонический — с основной гармоникой (частотой возмущения) и ультрагармоническими составляющими (рис. 1, б); полигармонический — с основной и субгармоническими составляющими (рис. 1, в); хаотический, при котором очень малые неточности задания начальных условий приводят со временем к неопределенности (непредсказуемости) фазовых координат (рис. 1, г). Одним из проявлений хаотического отклика является формирование непрерывного спектра выходного процесса при гармоническом возмущении.

Предположим, что входное воздействие на рассматриваемую нелинейную систему представляет собой случайный процесс

$$\xi(x, y, t) = r_k \cos\{(\Omega^2/g)(x \cos \varphi - y \sin \varphi) + [\Omega + (\Omega^2/g)v \cos \varphi]t\}. \quad (3)$$

Тогда математическое ожидание выходного процесса и дисперсию его амплитуд (отсчитываемых от уровня математического ожидания процесса) можно при реализации моногармонических откликов определить следующим образом:

$$\bar{z}_i(r_k) = \sigma_\xi^{-2} \int_0^\infty z_{ik}(\omega) S_\omega(\omega) d\omega;$$

$$D_i(r_k) = \sigma_\xi^{-2} \int_0^\infty a_{ik}^2(\omega) S_\omega(\omega) d\omega,$$

где $z_{ik}(\omega)$ и $a_{ik}(\omega)$ — зависимости ординат и амплитуд выходного процесса от частоты при регулярных (неслучайных) воздействиях на систему с амплитудой r_k .

Аналогичным образом определяются характеристики $\bar{z}_i(r_k)$ и $D_i(r_k)$ при реализации ультрагармонических откликов, имеющих место, в частности, при анализе изгибающих моментов в поперечных сечениях судна, состоящих из волновой (статической) и динамической (вибрационной) составляющих. Однако в этом случае выделяется огибающая выходного процесса, изменяющаяся с частотой возмущения ω_j и под эквивалентной амплитудой выходного процесса понимается амплитуда огибающей (см. рис. 1, б).

Более сложные ситуации возникают при реализации субгармонических и хаотических откликов. В этих случаях для любого внешнего воздействия с амплитудой r_k и частотой

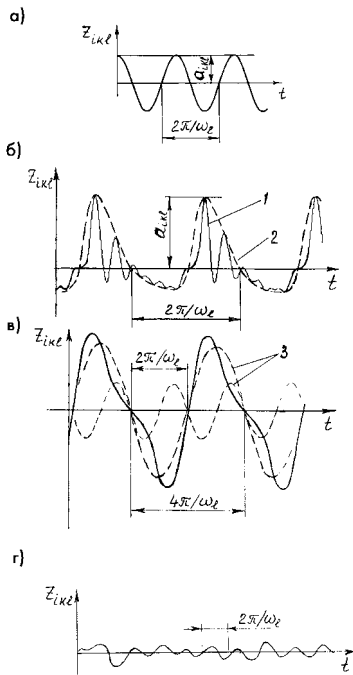


Рис. 1. Виды нелинейных колебаний, вызванных гармоническим возмущением: 1 — процесс колебаний; 2 — огибающая процесса; 3 — гармонические составляющие процесса

той ω , предлагается выполнение оценки эквивалентных (в смысле среднего значения энергии выходного процесса) амплитуд откликов.

Важным частным случаем субгармонического отклика является наблюдающийся в некоторых линейных и нелинейных системах параметрический резонанс, при котором происходит существенное повышение амплитуд колебаний при соотношениях между частотой возмущения ω и собственной ω_c частотой системы $\omega/\omega_c \cong k/2$, где $k = 1, 2, \dots, n$. В большинстве случаев интерес представляют резонансы при малых значениях k (не более двух или трех). В соответствии с принятыми подходами к анализу параметрической бортовой качки [5] энергия выходного процесса рассматривается как сумма энергий гармонических колебаний, происходящих и на частоте возмущения, и на субгармонических частотах, а амплитуда эквивалентного отклика рассматривается как геометрическая сумма амплитуд колебаний на упомянутых частотах.

Несмотря на кажущуюся экзотичность, режимы хаотических колебаний встречаются в практике расчетов внешних сил и качки не так уж редко [6]. В случае их реализации под эквивалентной понимается та-

кая амплитуда, квадрат которой равен математическому ожиданию квадрата амплитуд хаотического процесса, вызванного гармоническим возмущением.

Выполним статистическую линеаризацию рассматриваемой системы при таком «одноуровневом» воздействии, принимая зависимость между параметрами входного и выходного процессов в виде $A_i(r_k) = k_i(r_k)r_k + \bar{z}_i(r_k)$, где k_i — коэффициент статистической линеаризации по случайной составляющей, который будем определять на основе равенства значений дисперсий амплитуд процессов на выход нелинейной системы и на выходе эквивалентной ей линеаризованной системы: $k_i(r_k) = \sqrt{D_i(r_k)}/r_k$.

Таким образом, на каждом из уровней амплитуд входного процесса связь между случайными амплитудами входного R и выходного A_i процессов можно (по крайней мере, приближенно) представить в виде

$$R(A_i) = (A_i - z_i)/k_i. \quad (4)$$

Найденная таким образом функция $R(A_i)$ зависит не только от свойств системы, но и от параметров внешнего воздействия (случайного процесса $\xi(t)$). Сама же процедура отыскания этой функции может быть названа условной линеаризацией, поскольку выполняется при условии фиксирования случайной амплитуды волнения R и поэтому не является полной.

Дальнейший ход решения поставленной задачи состоит в аппроксимации функции $R(A_i)$ сплайнами или полиномом и последующим применением метода функционального преобразования случайных величин для нахождения вероятностных распределений амплитуд выходного процесса. В частности, наилучшее приближение функции $R(A_i)$ может быть найдено с помощью полинома

$$\hat{R} = b_0 + \sum_{i=1}^m b_i A_i^i, \quad (5)$$

где b_i — неизвестные коэффициенты.

Для отыскания коэффициентов b_i можно использовать различные детерминированные и вероятностные подходы. В частности, при детерминированном подходе полином, наилучшим образом аппроксимирующий функцию $R(A_i) = (A_i - \bar{z}_i)/k_i$,

может быть найден с помощью метода наименьших квадратов. Однако более корректным представляется вероятностный подход, при котором коэффициенты b_i выбираются из условия минимума дисперсии разности

$$(A_i - \bar{z}_i)/k_i - \sum_{i=0}^m b_i A_i^i.$$

Выполняя операции возведения в квадрат и определения математического ожидания в выражении

$$M[(A_i - \bar{z}_i)/k_i - \sum_{i=0}^m b_i A_i^i]^2,$$

а затем дифференцируя полученную алгебраическую сумму по b_i и приравнявая результаты к нулю, получим систему линейных алгебраических уравнений относительно b_i с симметричной матрицей коэффициентов, имеющую вид

$$\sum_{i=0}^m M[A_i^{i+n-1}] b_i = M[(A_i^n - \bar{z}_i^{n-1})/k_i],$$

$$n = 1, 2, \dots, m + 1,$$

где $M[A_i^{i+n-1}] = \int_0^\infty A_i^{i+n-1} (r) p(r) dr;$

$$M[(A_i^n - \bar{z}_i^{n-1})/k_i] = \int_0^\infty [(a_i^n(r) - \bar{z}_i(r) a_i^{n-1}(r))/k_i(r)] p(r) dr;$$

$$p(r) = (r/\sigma_\xi^2) \exp[-(r^2/2\sigma_\xi^2)].$$

При вычислении интегралов, входящих в выражения для математических ожиданий, целесообразно воспользоваться квадратурными формулами Гаусса и рекомендациями В. И. Чернецкого [2, 3].

Зная ПРВ случайной величины r и функциональную связь ее с амплитудой a_i в форме (5), можно определить ПРВ амплитуды с помощью функционального преобразования случайных величин:

$$p(a_i) = \frac{b_0 + \sum_{j=1}^m b_j a_i^j}{\sigma_\xi^2} \exp \left[-\frac{(b_0 + \sum_{j=1}^m b_j a_i^j)^2}{2\sigma_\xi^2} \right] \left| \sum_{j=1}^m j \cdot b_j a_i^{j-1} \right|. \quad (6)$$

Сопоставление полученных с помощью формулы (6) результатов расчетов ПРВ пиковых значений изгибающих моментов в миделевом

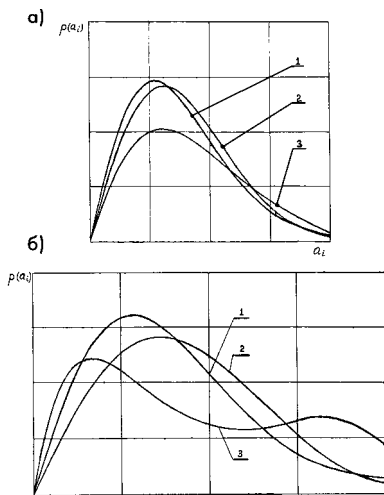


Рис. 2. Сопоставление ПРВ амплитуд изгибающих моментов, найденных с помощью различных методов:

а — при числе Фруда по водоизмещению $Fr_{\Delta} = 0,8$; б — при $Fr_{\Delta} = 4,5$; 1 — по методу статистической линейаризации; 2 — по предлагаемому автором методу; 3 — на основе функционального преобразования случайных величин с использованием зависимости между амплитудами волн и изгибающего момента, соответствующей условному максимуму амплитуды момента в частном диапазоне

сечения глессирующего судна с другими оценками, найденными с помощью методов статистической линейаризации и функционального преобразования случайных величин, приводится на рис. 2. Расчеты показали, что при относительно малой степени нелинейности системы (вплоть до ситуации, к которой имеют отношение изображенные на рис. 2, а ПРВ, когда сугубо нелинейные слагаемые в функции $A_i = \psi(R)$ дают в области экстремальных значений такие же величины, что и линейные члены) метод статистической линейаризации обеспечивает приемлемую точность определения ПРВ. При более высокой степени нелинейности (рис. 2, б) целесообразно применение предлагаемого метода.

На основе выполненных расчетов можно сформулировать некоторые практические рекомендации по применению метода статистической линейаризации в задачах статистической динамики судна: использование метода правомерно для определения вероятностных распределений амплитуд суммарных нагрузок на конструкции корпуса во всех случаях, когда волновая составляющая нагрузки не превышает половины суммарной нагрузки (в об-

ласти экстремальных значений); в большинстве случаев метод не может быть использован для вероятностного анализа динамической (ударной) составляющей нагрузки. Можно считать также, что применение метода не приведет к существенной погрешности в расчетах амплитуд перемещений точек судна при качке, если прогнозы на основе линейных уравнений качки на регулярном волнении и с учетом нелинейностей в этих уравнениях не расходятся более чем в два раза.

Отличия в результатах расчетов, получающиеся при использовании детерминированного и вероятностного подходов к определению коэффициентов b_i , иллюстрируются рис. 3, на котором изображены ПРВ, соответствующие использованию первых четырех членов в выражении (5). Вычисления показали, что при вероятностном подходе использование кубического полинома обеспечивает получение достаточно точного результата, а дальнейшее увеличение порядка полинома практически не приводит к изменению формы ПРВ. При детерминированном подходе для обеспечения приемлемой точности требуется увеличение порядка используемого полинома на 1—2 единицы.

В случае, когда для вероятностного анализа не требуется определение ПРВ и можно ограничиться нахождением функции распределения амплитуд, целесообразно видоизменить процедуру вычислений. Вместо отыскания функции $R(A_i)$ в формуле (5) будем определять обратную по отношению к ней функцию

$$\hat{A}_i = c_0 + \sum_{j=1}^m c_j R_j^i, \quad (7)$$

используя приемы нахождения коэффициентов c_j , аналогичные применявшимся при вероятностном подходе к оценке коэффициентов b_i . Тогда для вычисления неизвестных c_j получим систему линейных алгебраических уравнений

$$\sum_{i=0}^m M[R_i^{n+1}]c_i = M[k_i R_i^n - \bar{z}_i R_i^{n-1}],$$

$$n = 1, 2, \dots, m + 1,$$

где $M[R_i^{s+1}] = 2^{s/2} \Gamma(1 + s/2) \sigma_{\xi}^s$;

$$M[k_i R_i^n - \bar{z}_i R_i^{n-1}] = \int_0^{\infty} (k_i(r)r^n - \bar{z}_i r_i^{n-1}) p(r) dr.$$

Для вычисления квантиля порядка F распределения амплитуд A_i необходимо определить квантиль того же порядка распределения амплитуд волн и подставить его значение в выражение (7) взамен величины R . При этом значение величины A_i будет равно искомому квантилю. Например, для определения амплитуды выходного процесса с обеспеченностью 10^{-4} нужно подставить в это выражение квантиль порядка $0,9999$ распределения амплитуд волн $r_{0,9999} \approx 4,29 \sigma_{\xi}$.

Для выявления некоторых особенностей предложенного метода решения нелинейных задач статистической динамики судна рассмотрим два частных случая.

1. Для систем со слабой нелинейностью (например, при слабой нелинейности качки судна) зависимость (5) можно принять линейной, т. е. $R = b_0 + b_1 A_i$. При этом значения коэффициентов b_0 и b_1 определяются по формулам

$$b_0 = \frac{M[A_i^2]M[A_i/k_i] - M[A_i]M[A_i^2/k_i]}{M[A_i^2] - M^2[A_i]};$$

$$b_1 = \frac{M[A_i^2/k_i] - M[A_i]M[A_i/k_i]}{M[A_i^2] - M^2[A_i]}.$$

Следовательно, предложенный подход к решению нелинейных задач статистической динамики трансформируется в оригинальный вариант метода статистической линейаризации.

При переходе от нелинейной системы к устойчивой линейной, находящейся под воздействием входного центрированного нормального случайного процесса, функция $k_i(r)$ превращается в константу. Тогда из (8) следует, что $b_0 = 0$; $b_1 = 1/k_i$, а в силу зависимости (4) дисперсия выходного процесса D_i выражается следующим образом:

$$D_i = k_i \sigma_{\xi}^2 = \int_0^{\infty} \bar{a}_{ik}^2(\omega) S_{\omega}(\omega) d\omega,$$

где \bar{a}_{ik} — амплитудно-частотная характеристика системы по i -му выходу.

В соответствии с (6) плотность распределения вероятностей амплитуд

литуд выходного процесса выражается формулой (законом Рэлея) $p(a_i) = (a_i/D_i) \exp(-a_i^2/2D_i)$.

Таким образом, при переходе от нелинейной системы к линейной зависимости предложенного метода трансформируются к известным соотношениям статистической динамики линейных систем.

2. Рассмотрим нелинейную безынерционную систему. В этом случае частота входного процесса не влияет на амплитуды выходного процесса, зависящие только от амплитуд входного процесса R . При воздействии на такую систему входного процесса (3) выходной процесс будет иметь дисперсию $D_{jk} = a^2(r_k)$. Следовательно, $k_i(r_k) = a_i(r_k)/r_k$, а отыскание плотности распределения вероятностей амплитуд (5) будет представлять собой построение некоторой функции $r = f(a)$, обратной по отношению к $a(r)$, и последующее функциональное преобразование в соответствии с формулой (6).

Таким образом, предложенный метод решения нелинейных задач статистической динамики можно трактовать как обобщение известного подхода к исследованию безынерционных систем на случай динамических систем, обладающих инерционными свойствами. Метод базируется на вероятностном анализе процессов качки и силовых воздействий на корпус в частотной области.

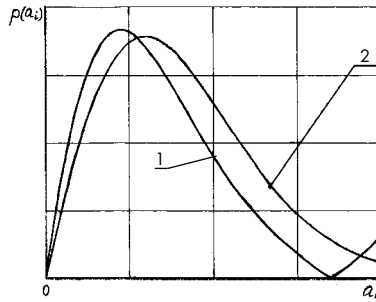


Рис. 3. Отличия в результатах оценки ПРВ при использовании детерминированного 1 и вероятностного 2 подходов к определению коэффициентов полинома

ти. В отличие от методов, ориентированных на исследование этих процессов во временной области, он очень экономичен в отношении затрат машинного времени и хорошо приспособлен к существующим способам определения гидродинамических усилий при колебаниях судна и соответствующих гидродинамических коэффициентов в уравнениях качки, сильно зависящих от частоты волнения. Достоинством метода является возможность его использования для прогнозирования параметров качки и величин нагрузок, реализуемых в условиях эксплуатации судна на нерегулярном волнении, на основе данных модельных испытаний на регулярном волнении в условиях опытовых бассейнов. Метод позволяет повысить

точность расчетных оценок нагрузок, определяющих прочность судовых конструкций, и, тем самым, обеспечить их оптимальное проектирование и весовое совершенство, а также повысить эксплуатационную надежность и безопасность судов. Можно полагать, что этот метод найдет широкое применение при решении задач статистической динамики высокоскоростных судов и судов новых типов, а также при решении проблемы внешних сил в строительной механике корабля.

Литература

1. Расщепляев Ю. С., Фандиенко В. Н. Синтез моделей случайных процессов для исследования автоматических систем управления. М.: Энергия, 1981.
2. Астапов Ю. М., Медведев В. С. Статистическая теория систем автоматического регулирования и управления. М.: Наука, 1982.
3. Чернецкий В. И. Анализ точности нелинейных систем управления. М.: Машиностроение, 1968.
4. Крыжевич Г. Б. Способ оценки вероятностных распределений амплитудных значений параметров качки и нагрузок, действующих на судовые конструкции при их нелинейной связи с амплитудами волн // Судостроительная промышленность. Сер. «Проектирование судов». 1990. Вып. 15.
5. Бородай И. К. и др. Прикладные задачи динамики судна на волнении. Л.: Судостроение, 1989.
6. Крыжевич Г. Б. Учет энергообмена с внешней средой при расчете общей вибрации судна, движущегося в условиях волнения // Труды научно-технической конференции, посвященной памяти И. Г. Бубнова. СПб.: ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова, 1998.

АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАПАСА УСТАЛОСТНОЙ ПРОЧНОСТИ БУРОВЫХ ТРУБ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ БУРОВОГО СУДНА

В. П. Шостак, докт. техн. наук, В. И. Голиков, канд. техн. наук
(УГМТУ, Николаев)

УДК 622.24.053:539.4

В рамках разработанной концепции проектирования буровых судов¹ выбор и обоснование технических решений базируется на результатах технико-экономического анализа, а также оценки надежности наиболее ответственного комплектующего оборудования и рекомендаций по его эффективной эксплуатации. Надежность работы целого ряда специфического оборудования (например,

буровой колонны) буровых судов тесно связана с морскими эксплуатационными условиями и качествами судна в целом.

Оптимальность решений рассматривается в единстве двух сфер — техники и эргономики. Поэтому общая концепция проектирования дополняется постановкой и решением задач, связанных с выходом из аварийных ситуаций с минимальными

потерями, разработкой соответствующей эксплуатационной документации, инструкций и программ для бортового компьютера.

Бурильная колонна, проходя через направляющий раструб², испытывает несимметричные нагрузочные циклы, происходящие от деформаций растяжения при действии силы веса и от изгибных — при угловых перемещениях судна (рис. 1). Уровень напряжений зависит от массы колонны M , кривизны поверхности направляющего раструба $1/R$. С увеличением угловых перемещений Θ растет протяженность участка раструба $l = R\Theta$, на котором буровая труба находится в контакте с ним, повторяет его кривизну и подвергается цикли-

¹Шостак В. П. Концепция проектирования судов глубоководного исследовательского бурения // Сб. научн. трудов УГМТУ. Николаев, 1998. № 10 (358).

²А. с. 1670078. Направляющий раструб судна глубоководного исследовательского бурения / Авт. изобретен. Б. В. Емец, В. П. Шостак. Заявл. № 460 6211/03. Приоритет изобретения 17 ноября 1988 г. Оpubл. в БИ 15.08.91. Бюл. 30.

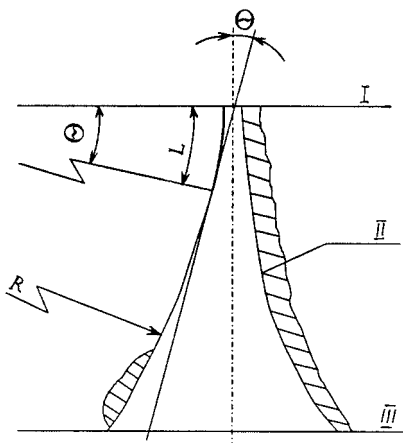


Рис. 1. Схема определения длины /контактного участка буровой колонны, проходящей через направляющий раструб: I — палуба судна; II — внутренняя стенка раструба; III — днище судна; Θ — угол наклона судна; R = const — радиус кривизны раструба; L = RΘ — длина контактного участка колонны

ческим воздействиям с напряжением

$$\sigma = Mg/F + M_{изг}/W,$$

где F — площадь; J — момент инерции; W — момент сопротивления, зависящий от геометрических характеристик поперечного сечения буровой трубы в составе колонны; $M_{изг} = EJ/R$ — изгибающий момент.

Число циклов, которым подвержена каждая буровая труба, проходящая через раструб, определяется протяженностью контактного участка l, периодом колебаний судна $t_{ср}$, временем существования участка / именно такой протяженности за время t пребывания трубы в раструбе и средней скоростью проходки скважины $v_{бур}^*$.

В отечественной практике принято характеризовать интенсивность волнения высотой волны 3%-ной обеспеченности $h_{3\%}$. Согласно закону Рэлея высоты волн различной обеспеченности в общей массе волн конкретного шторма описываются выражением $h_m = R_m \sqrt{D_h}$, где D_h — дисперсия волновых ординат; $R_m = \sqrt{2} h_1 / m$ — коэффициент, зависящий от обеспеченности m (в относительных единицах) случайной волны.

Для волнения заданной интенсивности

$$\sqrt{D_h} = \frac{h_{3\%}}{R_{3\%}} = \frac{1}{2,648} h_{3\%}.$$

График распределения высот случайных волн для $h_{3\%} = \text{const}$ представлен на рис. 2.

Верхняя граница случайных волн устанавливается статистическим соотношением $h_{max}/h_{3\%} \cong 1,3...1,4$. Если на графике выделить некоторый диапазон высот случайных волн $h_1...h_2$, границам которого соответствуют обеспеченности m_1 и m_2 , то для средних высот волн в этом диапазоне $h_{ср} = (h_1 + h_2)/2$ их повторяемость $n = m_2 - m_1$. Повторяемость n характеризует временную продолжительность существования соответствующего участка раструба l.

Согласно гидродинамической теории волн с малой амплитудой на глубокой воде элементы волны связаны следующими соотношениями:

$$\lambda_b = \frac{g}{2\pi} t^2 \approx 1,56 t^2; \quad \varphi_b = \text{arctg} \frac{2\pi r}{\lambda_b},$$

где λ_b — длина волны; t — период; r = h/2 — полувысота волны; φ — угол волнового склона.

При этом крутизна волн теоретически может достигать значения $h_b/\lambda = 1/7$. Практически же волны с крутизной больше 1/10 встречаются крайне редко. В связи с этим при назначении величин φ, соответствующих ряду случайных h_b , следует учитывать это ограничение. Имея распределение φ и передаточные функции процесса качки судна, можно получить представление и о распределении амплитуд Θ.

В процессе эксплуатации буровой колонны происходят усталостные изменения металла буровых труб, поэтому с целью предупреждения аварийных ситуаций на судне выполняется ультразвуковая дефектоскопия труб, когда они размещены в стеллажах. Как правило, дефекто-

скопия выполняется выборочно, и всегда существует опасность аварийной ситуации из-за позднего обнаружения начальных проявлений усталостного разрушения. В связи с этим целесообразно организовать и вести на судне более тщательный контроль фактического состояния труб, т. е. каждая труба должна иметь свой технический паспорт, в котором отражались бы результаты оперативного контроля ее состояния с учетом участия в тех или иных процессах бурения и конкретных эксплуатационных условиях. Расход запаса усталостной прочности характеризуется интегрированной характеристикой $\sum n_{ц}/N$, где $n_{ц}$ — число нагрузочных циклов при заданном уровне напряженно-деформированного состояния, N — соответствующее число разрушающих циклов, заимствованное из прочностного эксперимента. Приближение показателя $\sum n_{ц}/N$ к единице (условие прочности $\sum n_{ц}/N \leq 1$ или с запасом $\sum n_{ц}/N \leq 0,6$ для особо ответственных изделий) свидетельствует о необходимости более тщательной дефектоскопии трубы. Задача сводится к четкой регистрации этих величин с помощью бортового компьютера. При этом функция ввода в программу исходных данных для каждой трубы, вступающей в работу в составе буровой колонны, должна быть возложена на оператора центрального поста управления буровыми работами. Алгоритм расчета числа нагрузочных циклов (расчет амплитуд качки для упрощения опущен) сводится к следующим положениям.

1. Опасным в буровой колонне считается сечение 0—0 в районе бурового замка. Время прохождения этим сечением пути $l_{растр}$ равно длине раструба, вычисляется по формуле $t_{0-0} = l_{растр}/v_{бур}^*$.

2. Ряду назначенных высот случайных волн $h_i(m)$, т. е. h_1, h_2, h_3 , данного шторма (с охватом всего диапазона волн) соответствует их повторяемость n_i (%) — n_1, n_2, n_3 и соответственно распределение времени t_{0-0} по периодам $T_i = n_i t_{0-0} (r) = T_1, T_2, T_3 (T_{0-0} = \sum T_i)$, углы волнового склона φ_i (рад) — $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$, амплитуды бортовой качки Θ_i (рад) — $\Theta_1, \Theta_2, \Theta_3$ и протяженности контактного участка раструба $l_i = R\Theta_i (m) = l_1, l_2, l_3$.

3. Очередность для времени T_i существования заданных случайных

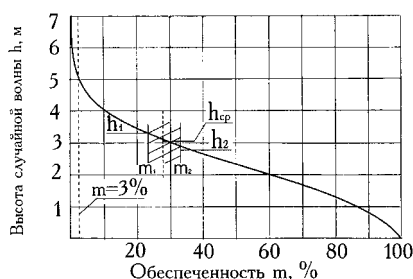


Рис. 2. График обеспеченности высот случайных волн для волнения заданной интенсивности $h_{3\%} = 5,0$ м

волн h_i , как и очередность появления соответствующих контактных участков l_i заранее неизвестны. Поэтому необходимо принимать в расчет две крайние ситуации их чередований $l_1 - l_2 - l_3$, ведущую к максимальному числу нагрузочных циклов $n_{ц1}$ и $l_3 - l_2 - l_1$, ведущую к минимуму. Можно учесть и иные равновероятные инверсии. Число расчетных нагрузочных циклов рассматривается как средний результат названных инверсий.

4. Если путь $v_{бур} T_i$, проходимый сечением 0—0 в каком-либо из периодов T_i , превышает возможную длину контактного участка колонны с раструбом $l_{возм}$, то число нагрузочных циклов $n_{ц} = l_{возм} / (v_{бур} t_{ср})$, где $t_{ср}$ — средний период качки (вариант А). В случае $n_{ц} = T_i / t_{ср}$ (вариант Б).

Возможны различные сочетания таких событий в различные периоды T_i , но принцип алгоритма расчета числа нагрузочных циклов остается неизменным.

Рассмотрим пример построения алгоритма определения числа нагрузочных циклов по этапам перемещения колонны в раструбе для ситуации « $l_1 - l_2 - l_3$ » (варианты А и Б раздельные).

Этап I. (T_1, l_1).

А. Если $v_{бур} T_1 > l_1$, то $\Delta x_1 = [v_{бур} \cdot T_1 - l_1]$ — путь, на котором сечение 0—0 не испытывает нагрузочных цик-

лов в период $T_1, [l_2 - v_{бур} T_1]$ — протяженность контакта трубы с раструбом для этапа II, число циклов $n_{ц1} = l_1 / v_{бур} t_{ср}$;

Б. Если $v_{бур} T_1 < l_1$, то $\Delta x_1 = [l_1 - v_{бур} T_1]$ — путь, на котором сечение 0—0 испытывает нагрузочные циклы в период T_2 , число циклов $n_{ц1} = T_1 / t_{ср}$;

Этап II. ($T_2, l_2 - v_{бур} T_1$).

А. Если $v_{бур} T_2 > [l_2 - v_{бур} T_1]$, то $\Delta x_2 = [v_{бур} T_2 - (l_2 - v_{бур} T_1)]$ — путь, на котором сечение 0—0 не испытывает нагрузочных циклов в периоде $T_2, [l_3 - v_{бур} (T_1 + T_2)]$ — протяженность контакта трубы с раструбом для этапа III, число циклов $n_{ц2} = (l_2 - v_{бур} T_1) / v_{бур} t_{ср}$;

Б. Если $v_{бур} T_2 < [l_2 - v_{бур} T_1]$, то $\Delta x_2 = [(l_2 - v_{бур} T_1) - v_{бур} T_2]$ — путь, на котором сечение 0—0 испытывает нагрузочные циклы в период T_3 , число циклов $n_{ц2} = T_2 / t_{ср}$;

Этап III. ($T_3, l_3 - v_{бур} (T_1 + T_2)$).

А. Если $v_{бур} T_3 > [l_3 - v_{бур} (T_1 + T_2)]$, то $\Delta x_3 = [v_{бур} T_3 - [l_3 - v_{бур} (T_1 + T_2)]]$ — путь, на котором сечение 0—0 не испытывает нагрузочных циклов в периоде T_3 , число циклов $n_{ц3} = (l_3 - v_{бур} (T_1 + T_2)) / v_{бур} t_{ср}$;

Б. Если $v_{бур} T_3 < [l_3 - v_{бур} (T_1 + T_2)]$, то число циклов $n_{ц3} = T_3 / t_{ср}$.

В результате в варианте А $n_{цA} = (1/v_{бур} t_{ср})(l_1 + l_2 + l_3 - v_{бур} (2T_1 + T_2))$, варианте Б ($n_{цB} = (1/t_{ср})(T_1 + T_2 + T_3)$).

Таким образом, можно оценить фактический запас усталостной прочности каждой буровой трубы и сделать ее дефектоскопию в стеллажах хранения труб более эффективной, что приведет к повышению надежности работы бурового судна.

Рядом специалистов по буровой технике высказывалось мнение о том, что в металле с расходом запаса усталостной прочности наблюдаются изменения некоторых физических характеристик, в частности, акустических и других свойств. В экспериментальном рейсе бурового судна «Бавенит» проводились наблюдения и исследования образцов буровых труб из алюминиевого сплава. Само по себе явление подтверждалось, но возникали трудности с идентификацией сигналов на осциллограммах с действительным уровнем усталостной прочности, а именно: разные показания при одинаковых циклах нагружения.

Предложенное экспериментальное направление рассматривалось как перспективное, но требовало дальнейшего изучения. С получением положительных результатов можно считать как это направление, так и аналитические оценки, и компьютерный контроль на борту судна не исключаящими, а дополняющими друг друга.

КЛАССИФИКАЦИЯ СУДОВ И ПЛАВУЧИХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ НЕФТЕГАЗОПРОМЫСЛОВОГО ФЛОТА

(В порядке обсуждения)

В. И. Панков (ООО «Инженерный центр «Глубина»»)

УДК 629.55/58.001.33

Одним из резервов развития отечественной нефтегазодобычи является континентальный шельф, суммарный углеводородный потенциал которого в нефтяном эквиваленте — свыше 100 млрд т¹. Проведение работ на шельфе, особенно в акваториях замерзающих морей, связано с решением сложнейших задач. На это направлена, в частности, федеральная целевая программа создания высокотехнологичных установок, машин и оборудования для морской добычи нефти, газа и освоения углеводородных месторождений на континентальном шельфе Арктики («Шельф», 1997—2010 гг.). Предлагаемая вниманию читателей статья представляет вариант классификации судов и плавсредств нефтегазопромыслового флота, который по мере освоения новых районов континентального шельфа будет активно развиваться.

На всех этапах освоения морских нефтяных и газовых месторождений континентального шельфа используются суда, а также буровые и другие плавучие технические средства (ПТС) нефтегазопромыслового флота (НГФ), под которым понимается совокупность целевых архитектурно-конструктивных типов судов и ПТС, обеспечивающих на шельфе разведку, строительство, обустройство, эксплуатацию и снабжение действующих объектов морского нефтегазопромысла в процессе его функционирования.

Целевой тип судна или ПТС определяется его специализацией, т. е. полным подчинением архитектурно-конструктивного типа особенностям выполнения технологических операций на шельфе.

Основными факторами, определяющими целевой и количественный состав НГФ, являются: принятая технология работы судов и ПТС на всех этапах освоения и эксплуатации морских нефтегазовых месторождений в зависимо-

¹Курашев В. Долгая дорога к шельфу // Нефть и капитал. 1997. № 5.



Геолого-геофизическое судно «Академик Гамбургтсев» для проведения комплексных исследований на континентальном шельфе. Построено в 1983 г.

сти от природно-климатических, геологических, организационных и экономических условий осваиваемого региона; технические и производственные возможности нефтегазовой отрасли и достоянный диапазон технических характеристик судов и ПТС, планируемых к постройке на отечественных верфях или для закупки и аренды за рубежом; эксплуатационные и экономические показатели работы судов и ПТС, необходимые для планирования работы и функционирования состава флота.



Транспортно-монтажное крановое судно типа «Титан» катамаранного типа с краном грузоподъемностью 600 т. В 1984—1986 гг. построено четыре таких судна

Целью предлагаемой классификации плавучих средств НГФ является объединение судов и ПТС в самостоятельные группы по наиболее существенным производственным и функциональным признакам и введении единой терминологии в названиях одноцелевых и многоцелевых типов судов и ПТС.

В соответствии с производственными задачами, стоящими перед отраслью, и принятыми определениями



Крановое судно «Станислав Юдин» с краном грузоподъемностью 1600 т построено в 1985 г.

Таблица 1

ЦЕЛЕВЫЕ ТИПЫ СУДОВ И ПТС

<p>1. НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ФЛОТ (НИФ)</p> <p>1.1. Поискные суда</p> <p>1. Геофизическое судно (ГФС)</p> <p>1.2. Исследовательские суда</p> <p>2. Гидрографическое судно (ГГС)</p> <p>3. Инженерно-геологическое судно (ИГС)</p> <p>2. ТЕХНИЧЕСКИЙ ФЛОТ (ТФ)</p> <p>2.1. Плавучие и стационарные буровые установки</p> <p>4. Буровое судно (БС)</p> <p>5. Плавучая буровая установка: самоподъемная (СПБУ), полупогружная (ППБУ)</p> <p>6. Стационарная стальная или гравитационная буровая платформа (СПБ)</p> <p>7. Погружная буровая установка (ПБУ)</p> <p>2.2. Суда для строительства и обустройства нефтегазопромыслов</p> <p>8. Перегрузочное крановое судно (ПКС) или плавкран с тяжеловесной стрелой для подводных работ (ПКС)</p> <p>9. Транспортно-монтажное (ТМКС) или монтажное крановое судно (МКС) однокорпусного, катамаранного и полупогружного типа</p> <p>10. Крановое судно-терминал (КСТ) катамаранного и полупогружного типа с единственным или парными кранами</p> <p>11. Крановое судно для обслуживания нефтегазопромыслов (ОКС)</p> <p>12. Судно для перевозки СПБУ, ПБУ, ППБУ и металлоконструкций грузоподъемностью 20 000 т (СПУМ)</p> <p>13. Саморазгружающаяся буксируемая баржа грузоподъемностью 18 000 т (СББ)</p> <p>14. Транспортная буксируемая (рабочая) баржа грузоподъемностью 5000 т (ТБ)</p> <p>15. Земснаряд производительностью 350 м³/ч (ЗС)</p> <p>16. Грунтоотвозная шаланда грузоподъемностью 2500 т (ГШ)</p> <p>17. Буксируемая трюмная баржа грузоподъемностью 20 000 т (БТБ)</p> <p>18. Плавкопер для забивки свай и шпунтов (ПЛК)</p> <p>19. Судно-цементировщик (ЦС)</p> <p>20. Трубоукладочное судно (ТУС)</p> <p>21. Трубозаглубительное судно (ТЗС)</p> <p>22. Кабелеукладочное судно (КБС)</p> <p>2.3. Суда и ПТС эксплуатации</p> <p>23. Плавучая эксплуатационная буровая установка (ПЭУ)</p> <p>24. Стационарная эксплуатационная платформа (СЭП)</p> <p>25. Плавучее нефтегазохранилище (ПНХ): танкер-накопитель, газозов-накопитель</p> <p>26. Точечная единичная или групповая швартовная система для налива танкеров (ТСНТ)</p> <p>27. Танкера ледового класса девдвейтом 60 000 т и 95 000 т</p> <p>28. Газовозы ледового класса водоизмещением 20 000 т (ГЗВ)</p> <p>3. ФЛОТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОДВОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РАБОТ (ФОПТР)</p> <p>3.1. Суда обеспечения ПТР</p> <p>29. Морской водолазный бот для глубин до 60 м (МВБ)</p> <p>30. Изыскательно-водолазное судно (ИВС)</p> <p>31. Судно обеспечения водолазных работ (СОВ)</p> <p>32. Судно обеспечения подводно-технических работ (СОПР)</p> <p>33. Судно ремонта подводных трубопроводов (СРПТ)</p>	<p>34. Автономный водолазный комплекс в контейнерном исполнении для глубин до 60 м (АВК)</p> <p>35. Судно ремонта скважин с подводным устьем (СРСПУ)</p> <p>36. Судно-носитель самоходного необитаемого привязного подводного трубозаглубителя или привязного буксируемого плуга (ПТЗ)</p> <p>37. Судно-носитель механизированных и грунторазрабатывающих устройств (СНМУ)</p> <p>3.2. Подводные аппараты (ПА)</p> <p>38. Судно-носитель обитаемых или необитаемых ПА (СНПА)</p> <p>39. Водолазный подводный аппарат (ВПА)</p> <p>40. Обитаемый автономный рабочий ПА (ОАРПА)</p> <p>41. Обитаемый автономный спасательный ПА (ОАСПА)</p> <p>42. Обитаемый привязной рабочий ПА (ОПРПА)</p> <p>43. Необитаемый привязной исследовательский ПА (НПИПА)</p> <p>44. Необитаемый привязной рабочий ПА (НПРПА)</p> <p>45. Необитаемый привязной спасательный ПА (НПСПА)</p> <p>46. Необитаемый привязной транспортный ПА (НПТПА)</p> <p>4. СЛУЖЕБНО-ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ ФЛОТ (СВФ)</p> <p>4.1. Буксирные суда</p> <p>47. Морские буксиры разных мощностей (МБ)</p> <p>48. Буксир-кантовщик (БК)</p> <p>49. Транспортно-буксирное судно мощностью 8000 л. с. (ТБС)</p> <p>50. Морской буксир-завозчик якорей мощностью 15 000 л. с. (МБЗ)</p> <p>51. Ледокол-спасатель мощностью 21 500 л. с. (ЛС)</p> <p>4.2. Служебные суда и ПТС</p> <p>52. Плавобщежитие (брандвахта) (ПО)</p> <p>53. Плавпричал (ПП)</p> <p>54. Плавмастерская (ПМ)</p> <p>55. Плавдок (ПД)</p> <p>56. Учебное судно (УС)</p> <p>57. Рабочий катер (инспекционный, разведной, служебный) (РК)</p> <p>4.3. Суда сопровождения</p> <p>58. Аварийно-спасательное судно (АСС)</p> <p>59. Противопожарное судно (ПЖС)</p> <p>60. Нефтеборщик (нефтемусоросборщик) (НМС)</p> <p>61. Судно для сбора и переработки судовых отходов (СПО)</p> <p>62. Очистительная (зачистная) станция (ОЗС)</p> <p>63. Плавучая электростанция для энергоснабжения северных береговых регионов (ПЭ)</p> <p>64. Судно-лаборатория по экологическим исследованиям (СЛЭ)</p> <p>65. Госпитальное судно (ГОС)</p> <p>66. Санитарное судно (САС)</p> <p>4.4. Суда снабжения</p> <p>67. Танкер-заправщик (ТЗ)</p> <p>68. Водолей (ВОД)</p> <p>69. Судно-цементовоз (СЦВ)</p> <p>70. Судно-трубовоз (СТВ)</p> <p>71. Танкер-метановоз (ТМ)</p> <p>72. Судно снабжения (СС)</p> <p>73. Пассажирское судно (ПС)</p> <p>74. Ледокол-снабженец мощностью 21 500 л. с. (ЛКС)</p>
--	--

Таблица 2

МНОГОЦЕЛЕВЫЕ, КОМБИНИРОВАННЫЕ СУДА И ПТС	
Наименование и обозначение	Назначение судна или ПТС (порядковый № см. табл. 1)
Судно для комплексных исследований (СКИ)	1 + 2 + 3 + 38
Геолого-геофизическое судно (ГГС)	1 + 2 + 3 + 34
Плавучая самоподъемная установка для бурения скважин (ПСУБЭ)	5 + 34
Плавучая полупогружная установка для бурения скважин (ППУБЭ)	5 + 34
Погружная плавучая установка для бурения и эксплуатации скважин (ПУБЭ)	7 + 23 + 34
Морская стальная или железобетонная платформа для бурения и эксплуатации скважин (МСПБЭ)	6 + 24 + 34
Транспортно-монтажное или монтажное крановое судно-терминал для складирования монтажных единиц СБП единичным или парными кранами (КМСТ)	9 + 10 + 18 + 34
Универсальное обслуживающее крановое судно для снабжения промыслов (ОКС)	11 + 68 + 69 + 70 + 72
Краново-сваебойное судно-цементировщик (КССЦ)	18 + 19 + 34
Краново-трубоукладочное судно (КТУС)	8 + 20 + 34
Краново-трубоукладочно-трубозаглубительное судно (КПТС)	8 + 20 + 21 + 34
Кабелеукладочное судно для прокладки гибких трубопроводов (КУСТ)	20 + 22 + 34
Трубоукладочно-трубозаглубительное судно с механизированным оборудованием и грунторазрабатывающими устройствами (ТТСМУ)	20 + 21 + 34 + 36 + 37
Трюмный земснаряд (ТЗС)	15 + 16
Земснаряд-трубозаглубитель (ЗСТЗ)	15 + 34 + 36 + 37
Плавучее или подводное нефтехранилище — точечный причал (НХТП)	25 + 26
Изыскательско-водолазное судно для грунтовых работ (ИВСГР)	30 + 32 + 37 + 38
Судно обеспечения водолазных и подводно-технических работ — носитель подводных аппаратов и механизированного оборудования и устройств (ВПРМО)	31 + 32 + 37 + 38
Судно подводного ремонта (СПР)	33 + 34 + 35 + 39
Судно-носитель комплексных привязных подводных аппаратов с навесным оборудованием (СНКПА)	38 + 42 + 43 + 44 + 45
Судно-носитель необитаемых привязных универсальных подводных аппаратов (НПУПА)	38 + 43 + 44 + 45 + 46
Судно-носитель комплексных обитаемых подводных аппаратов (СНОПА)	38 + 40 + 41 + 42
Судно обеспечения (СО)	47 + 48 + 50 + 72
Аварийно-спасательное и противопожарное судно, обеспечивающее также водолазные и подводно-технические работы (СПВПР)	31 + 32 + 58 + 59
Сборщик льяльных вод, очистительная станция-нефте-сборщик (СЛОСН)	60 + 61 + 62
Морской буксир-спасатель (МБС)	47 + 48 + 50 + 58 + 59
Судно медицинской службы (СМС)	65 + 66
Универсальное судно снабжения (УСС)	67 + 68 + 69 + 70 + 71
Аварийно-спасательное судно обеспечения — нефтесборщик (АПСОН)	58 + 59 + 60 + 61
Ледокол-снабженец (ЛКС)	74 + 69 + 70 + 72
Ледокол снабженец-спасатель (ЛКСС)	74 + 69 + 70 + 72 + 65 + 66
Транспортно-буксирное судно — завозчик якорей (ТБСЗЯ)	49 + 50 + 69 + 70
Пассажирское судно для доставки сменных бригад и производственных команд на нефтегазопромысел (ПСДБ)	73 + 58 + 52
Судно экологического мониторинга и аварийно-спасательное (СЭМАС)	64 + 58 + 34



Заводка ППБУ «Шельф-6» на судно типа «Траншельф» (построено в 1987 г.) для перевозки на палубе СПБУ, ППБУ и др.

ющих и обеспечивающих эксплуатацию производственных объектов нефтегазо-промыслов.

В составе НГФ могут быть одноцелевые (выполняющие одну технологическую операцию) и многоцелевые (выполняющие несколько различных технологических операций) суда и ПТС различных конструктивных типов. На основе разработанных исходных требований заказчика эти суда создаются в России или закупаются по импорту.

В связи с невозможностью выполнения различных технологических задач одноцелевым судном целесообразно создавать преимущественно многоцелевые типы судов и ПТС, обеспечивающих выполнение нескольких производственных задач на нефтегазопромыслах. Вследствие этого для НГФ одноцелевые суда практически редко строятся. Исключение составляют плавсредства, эксплуатация которых проводится преимущественно на одной точке: ПТС для бурения, плавучие нефтегазохранилища, точечные причалы и т. п., узкая специализация которых оправдывается в условиях налаженной стабильной эксплуатации морского промысла.

Основной состав целевых типов судов и ПТС, из которых могут комплектоваться необходимые для отрасли многоцелевые архитектурно-конструктивные типы судов и ПТС, приводится в табл. 1, где указываются наименования и определения только тех типов, потребность в которых проверена практикой их эксплуатации на промыслах, а информация о проектировании, постройке и эксплуатации периодически встречается в зарубежной и отечественной печати. Перечень судов и ПТС включает в себя как перспективные (создаваемые) плавучие средства, так и построенные в

Российского Морского Регистра Судоходства НГФ может иметь следующий состав:

Научно-исследовательский флот — суда, осуществляющие поиск и разведку с оценкой эффективности эксплуатации нефтегазовых месторождений и определяющие природно-климатические условия в районе строительства, а также условия обустройства морского нефтегазопромысла.

Технический флот — суда и ПТС, осуществляющие производственные процес-

сы при разведывательном и эксплуатационном бурении, строительстве и обустройстве, технической эксплуатации и ликвидации морского нефтегазопромысла.

Флот обеспечения подводно-технических работ — суда и подводные аппараты, обеспечивающие выполнение водолазных, обследовательских, подводно-технических и ремонтных работ на всех этапах освоения и эксплуатации нефтегазопромыслов.

Служебно-вспомогательный флот — совокупность судов, обслужива-



Нефтесборщик «Вайдагубский» построен в 1986 г.



Водолазное судно «Спрут» построено в 1982 г.

60—90-е годы и находящиеся в эксплуатации. Одни из них к настоящему времени уже морально и технически устарели и подлежат списанию, другие требуют модернизации или переоборудования. Нефтегазовая отрасль в перспективе нуждается в новых типах судов и ПТС многоцелевого назначения, способных выполнять комплекс технологических работ по строительству и обустройству нефтегазопромыслов, что экономически оправдано опытом эксплуатации отдельных типов судов технического флота.

В табл. 2 приводится перечень многоцелевых архитектурно-конструктивных типов судов и ПТС, комплектующихся из целевых типов (см. табл. 1) и дополненных перспективными типами судов и ПТС с учетом мировой тенденции в развитии и совершенствовании плавучих средств для освоения шельфа. Для простоты определения многоцелевого типа судна и ПТС в табл. 2 указывается условный цифровой набор целевых типов судов и ПТС из табл. 1. Представленная номенклатура целевых типов судов и ПТС разработана в соответствии с задачами, стоящими перед нефтегазовой отраслью до 2010 г. по созданию плавучих средств для освоения морских месторождений шельфа арктических морей, а также федеральной целевой программой строительства нового поколения технических средств и высокотехнологичных установок, машин и оборудования для морской добычи нефти и газа на континентальном шельфе арктических морей. Перечень целевых типов судов и ПТС включает в себя также достаточно большой набор построенных и закупленных по импорту плавучих средств, находящихся в про-

изводственных объединениях «Калининградморнефтегаз», «Арктикоморнефтегазразведка», «Сахалинморнефтегаз» и обеспечивающих на современном этапе фактически только разведку и бурение отдельных участков северного и дальневосточного шельфов; ряд из них передан в аренду за рубежом.

Обращает на себя внимание то обстоятельство, что плавучие средства нового поколения фактически не создаются в нашей стране и редко приобретаются по импорту. В то же время закупается дорогостоящее комплектующее оборудование взамен устаревшего, что приводит к постоянным затратам для поддержания существующих судов и ПТС в работоспособном состоянии.

Литература

Боровиков П. А. и др. Методика планирования и организации работы плавучих технических средств и определения их потребности для предприятий Главморнефтегаза. М., 1987.
Федеральная целевая программа строительства нового поколения технических средств и высокотехнологичных установок и оборудования.

Самое надежное соединение труб



Система трубопроводов хороша только элементами соединения. Муфтами "STRAUB" Вы соединяете надежно и быстро системы, топливную, охлаждения, транспортную, морского и питьевого водоснабжения, пожаротушения, балластную, эхолотную, пневматическую и защитную. "STRAUB" – это просто, надежно и экономично.



Наш дистрибьютер: ЗАО концерн "ЕВРОСОФТ"
121908, Москва, Новый Арбат, 11, офис 1428. Тел./факс (095)202-37-71/291-41-03



A Glynwed international business



ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ НОСОВОЙ ОКОНЕЧНОСТИ ПОДВОДНОЙ ЛОДКИ НА ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБТЕКАНИЯ КОРПУСА И ШУМНОСТЬ ГРЕБНОГО ВИНТА

А. В. Жаринов, канд. техн. наук (ГосНИЦ ЦАГИ), В. Я. Вексляр,
Б. Ф. Дронов, канд. техн. наук (СПМБМ «Малахит»)

УДК 629.5.015.2:629.5.024.3

Настоящая публикация посвящена памяти канд. техн. наук Людмилы Васильевны Калачевой, лауреата Ленинской премии в области науки и техники. На заре создания отечественного атомного подводного кораблестроения ею, совместно с работниками ГосНИЦ ЦАГИ докт. техн. наук К. К. Федяевским, канд. техн. наук И. Б. Федоровой и другими, были заложены основы комплексного научно обоснованного подхода при проектировании обводов подводных лодок (ПЛ), которые получили свое дальнейшее продолжение и развитие в исследованиях сотрудников ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова — докт. техн. наук А. И. Короткина, канд. техн. наук В. А. Тюшкевича и др. Сущность этого подхода базируется на систематизации зависимостей физической природы компонентов гидродинамических и акустических характеристик от архитектуры ПЛ в целом и формы отдельных ее элементов, определяющих кинематические параметры движения ПЛ и гидродинамические составляющие ее акустической скрытности.

Поиск оптимальных форм носовой оконечности остается актуальным и для ПЛ последующих поколений, что, в свою очередь, вызывает необходимость разработки рекомендаций по улучшению условий формирования тракта шумопеленгования с учетом основных особенностей работы гидроакустических систем при их компоновке в носовой оконечности ПЛ.

Предварительные конструктивные разработки одного из первых проектов ПЛ привели к необходимости выполнения сравнительного анализа гидродинамических характеристик ПЛ, по крайней мере, с тремя вариантами обводов носовой оконечности: традиционной оживальной формы (I); в виде сглаженного клина с плоскими боковыми стенками, напоминающей в некоторой степени штевневые обводы (II); формы с поперечными сечениями в виде эллипсов (III), являющейся определенным компромиссом между первой и второй (рис. 1). При сравнительной оценке трех форм носовой оконечности корпуса ПЛ в процессе анализа использовались результаты исследований ряда гидродинамических факторов: визуализацию структуры обтекания, распределение давления, параметры пограничного слоя, гидродинамические характеристики ПЛ (суммарные позиционные силы и моменты), определяющие устойчивость движения и управляемость, а также структуру поля скоростей перед гребным винтом (ГВ), которой, в основном, определяются периодические силы, передаваемые ГВ корпусу корабля, и уровень шумоизлучения движителя. Исследования проводились на основе испытаний модели ПЛ с вариантами съемных носовых частей в аэродинамической трубе, а также расчетов. В результате было получено полное комплексное представление о влиянии формы носовой оконечности на все компоненты гидро-

динамических характеристик, которые анализируются при конкретном проектировании, за исключением силы сопротивления, определяющей ходкость корабля. Программой испытаний модели ПЛ (С-105) в аэродинамической трубе предусматривались следующие этапы.

1. Определение структуры обтекания непосредственно носовой оконечности модели: визуализация обтекания с помощью метода шелковинок, а в ряде контрольных точек — измерение профилей скорости основного и вторичного течений, а также измерение распределения давления вдоль основных меридиональных сечений. Целью этих исследований было обнаружение локальных отрывных и вторичных течений, которые могут являться источником интенсивных пристеночных пульсаций давления. Параметры воздушного потока в пограничном слое измерялись пневмометрической трехтрубчатой насадкой, а пульсации скорости — термоанемометрической аппаратурой и одноточечной проволочной термонасадкой. Распределение давления вдоль носовых оконечностей определялось экспериментально и расчетным путем [1]. Для проведения измерений носовые части модели были продренированы, а давление фиксировалось микроманометром ЦАГИ. Визуализация течения и измерения в пограничном слое выполнялись при углах атаки $\alpha = 0 \dots \pm 6^\circ$ и углах дрейфа $\beta = 0 \dots \pm 10^\circ$.

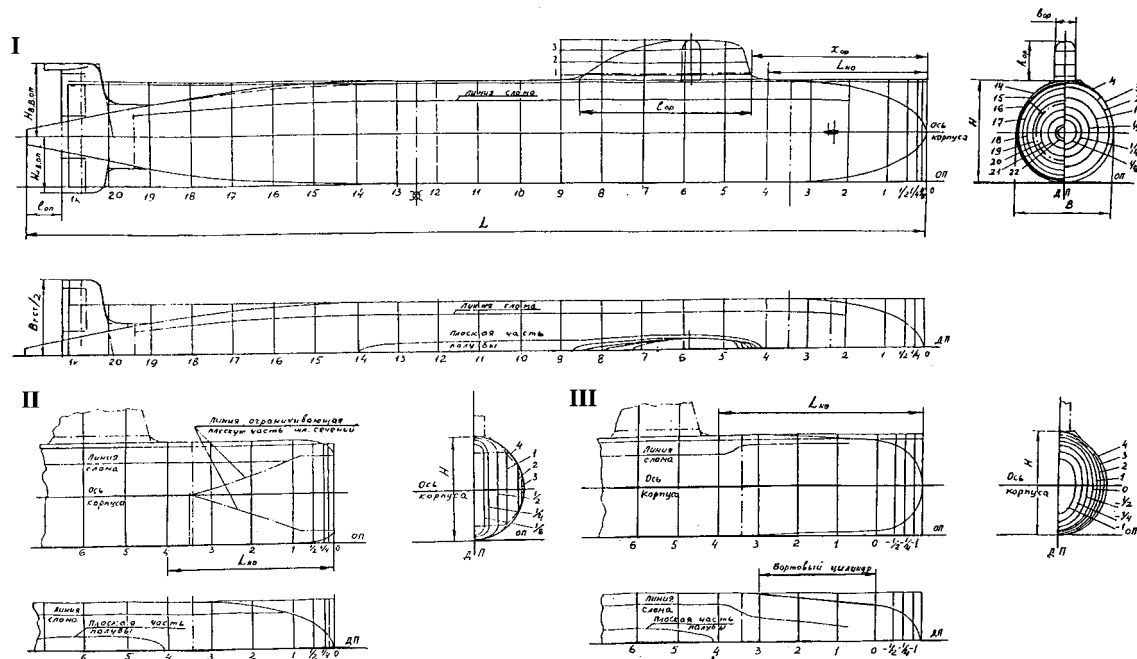


Рис. 1. Теоретический чертёж модели ПЛ С-105 с тремя вариантами формы обводов носовой оконечности:

I — в виде эллипсоида вращения (оживальная форма); II — образованная эллиптическим цилиндром с вертикальными образующими в плоскости шанпоутов (штвенная форма обводов); III — с эллиптическими шанпоутами, образованными сочетанием бортового цилиндра с носовой полусферой

2. Измерение зависимостей позиционных гидродинамических характеристик — нормальной и боковой сил, продольного момента и момента дрейфа для полной модели и изолированного корпуса (без кормового оперения) — проводилось в диапазоне углов атаки α и дрейфа $\beta = 0 \dots \pm 16^\circ$ на специальных аэродинамических весах АВТ-5. Присоединенные массы определялись расчетным путем [1].

3. Измерение неравномерности поля скоростей в диске гребного винта вдоль окружностей с относительными радиусами (относительно половины ширины корпуса) $R = 0,238; 0,400; 0,657$ выполнялось с шагом центрального угла $\Theta = 5^\circ$ при углах

атаки $\alpha = 0$ и 2° и дрейфа $\beta = 0$ и 2° . Измерение скорости в диске гребного винта выполнялось с помощью пневмометрической пятирубчатой насадки ЦАГИ.

При испытаниях в аэродинамической трубе скорость потока составляла $v_\infty = 40$ м/с при числе Рейнольдса $Re = (6,96 \dots 7,35) \cdot 10^6$, подсчитанном по длине модели ПЛ, где диапазон чисел Рейнольдса обусловлен изменением длины модели из-за отличия в размерах вариантов носовых оконечностей.

Методика и результаты исследований. Результаты испытаний и расчетов позволили качественно и количественно оценить влияние изменения формы носовой оконечности по

ряду гидроакустических факторов, требующих специального внимания при конкретном проектировании.

1. Визуализация обтекания (рис. 2) с помощью пучков шелковинок длиной 35 мм обеспечивала определение структуры обтекания по поведению шелковинок и выявление зон отрыва или интенсивного вторичного течения. Носовые оконечности вариантов I и III в диапазоне углов атаки α и дрейфа β от 0 до $\approx 3^\circ$ обтекаются плавно с искривлением линий тока лишь перед ограждением рубки. При больших значениях углов α и β наблюдается заметное отклонение линий тока: с наветренной стороны они веерообразно расходятся, а на подветренной — сходятся. Зоны

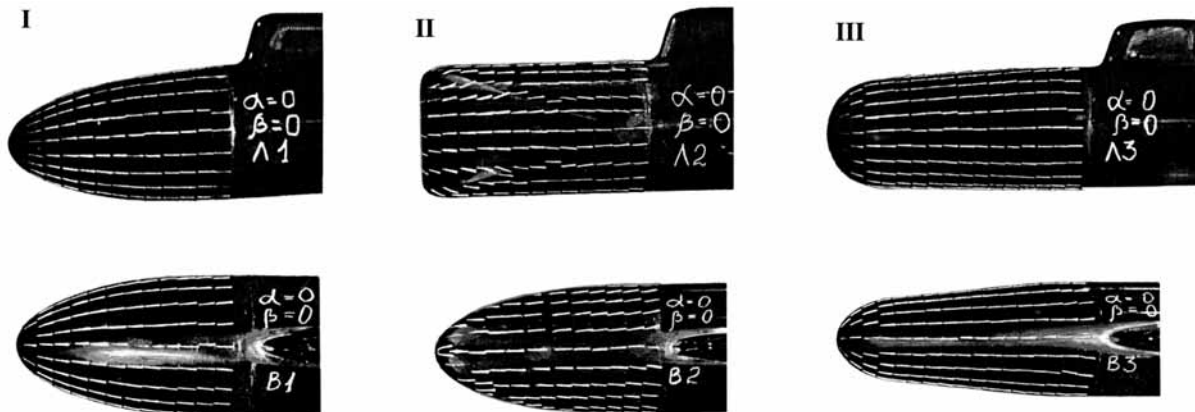


Рис. 2. Структура обтекания модели носовой оконечности при углах атаки и дрейфа $\alpha = \beta = 0$ (вид с левого борта и сверху): варианты I, II и III (см. рис. 1)

локальных отрывов или застойные зоны не наблюдаются. Лишь на расстоянии 0,20—0,25 длины корпуса от носового перпендикуляра поведение шелковинок свидетельствует о зарождении двух основных корпусных вихрей. Обтекание носовой оконечности варианта II носит более сложный характер. Уже при $\alpha = \beta = 0$ вдоль линий перехода возникают локальные, небольших размеров зоны отрывного обтекания с наибольшей интенсивностью на расстоянии 0,10—0,15 длины корпуса от носового перпендикуляра. При углах атаки α и дрейфа β , отличных от нуля, эти зоны на подветренной стороне несколько смещаются в нос. Обтекание боковых, верхней и нижней поверхностей при умеренных значениях α и β носит безотрывной характер. В итоге, при заданном диапазоне углов атаки α и дрейфа β носовые оконечности I и III обтекаются безотрывно, а обтекание носовой оконечности II сопровождается возникновением локальных рециркуляционных зон.

2. Результаты измерений интенсивности продольных пульсаций скорости $\epsilon_{\parallel} = \sqrt{v^2}/v_{\infty}$ вблизи поверхности вдоль верхнего меридионального сечения (диаметральной плоскости) при $\alpha = \beta = 0$ показали, что все носовые оконечности обтекаются безотрывно. Это подтверждает оценки результатов обтекания с помощью пучков шелковинок. Если на носовой оконечности III переход от ламинарного режима к турбулентному происходит вблизи носовой точки, то на носовой оконечности I — ниже по потоку, на расстоянии (0,12...0,16)L. На носовой оконечности II пограничный слой является турбулентным вдоль всей образующей. Профили скорости основного и вторичного течений внутри пограничного слоя, построенные по результатам измерений вдоль линии шпангоута на сечении 0,15L при центральных углах $\theta = 0; 45, 90, 180$ и -90° , подтвердили выводы, базирующиеся на анализе пульсаций скорости. Наиболее интенсивные вторичные течения имеют место на носовой оконечности II. При $\theta = 45$ и -90° они достигают 5% от основного продольного течения под влиянием на характер течения «ребер» перехода от одной формы поверхности к другой.

Указанные особенности обтекания вариантов носовых оконечностей, в общем, подтверждаются и рас-

четами толщины вытеснения и толщины потери импульса

$$\delta^* = \int_0^{\infty} (1 - t) dy; \delta^{**} = \int_0^{\infty} t(1 - t) dy. (1)$$

В соответствии с зависимостями этих параметров от центрального угла θ наиболее плавным является их изменение на исходной оживальной носовой оконечности I. Наиболее резкое изменение происходит на носовой оконечности II. На носовой оконечности III пограничный слой оказывается заметно толще по сравнению с вариантами I и II.

3. Распределение статического давления по поверхности (по нормали к поверхности корпуса) носовых частей модели определялось экспериментально и расчетом [1] вдоль меридиональных сечений при $\theta = 0, \pm 90$ и 180° в указанном диапазоне изменения углов атаки и дрейфа.

На рис. 3 приведены наиболее характерные зависимости безразмерного коэффициента давления $\bar{P} = P/(\rho v_{\infty}^2/2)$ от $\bar{x} = x/L$ при $\alpha = \beta = 0$.

Наиболее плавной эпюрой $\bar{P} = f(\bar{x})$ и наименьшим по абсолютной величине пиком разрежения вдоль верхнего и нижнего меридианов обладает носовая оконечность оживальной формы I, а наибольшим пиком разрежения и неблагоприятным градиентом давления — носовая оконечность штевневой формы II. Зависимости распределения давления вдоль максимальной ватерлинии ($\theta = \pm 90^\circ$) близки между собой по абсолютным значениям пиков разрежения, но отличаются ходом течения. При углах атаки и дрейфа, отличных от нуля, различие эпюр $\bar{P} = f(\bar{x})$ проявляется, главным образом, на ходе кривых для меридиональных сечений при $\theta = 0$ и 180° . Отличаются значения пиков разрежения и их смещения в пределах $\bar{x} = 0,05$ в корму.

4. Суммарные гидродинамические характеристики вязкостного характера определялись при проведении модельных испытаний в аэро-

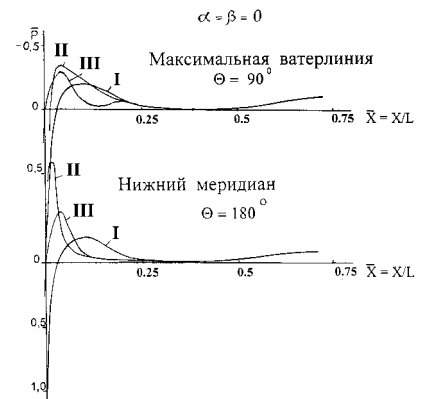


Рис. 3. Характерные величины безразмерного коэффициента давления $\bar{P} = 2P/\rho v_{\infty}^2$ в зависимости от $\bar{x} = x/L$ при $\alpha = \beta = 0$ для вариантов I, II и III формы обводов носовой оконечности, измеренные вдоль максимальной ватерлинии и нижнего меридиана

динамической трубе, а характеристики инерционной природы, или так называемые присоединенные массы — расчетным путем [1]. Присоединенные массы рассчитывались для модели с тремя вариантами носовой оконечности и ограждения рубки (без оперения), значения безразмерных коэффициентов которых приведены в табл. 1. Разница форм носовых оконечностей незначительно влияет на присоединенные массы, которые, главным образом, определяют переходные режимы при пространственном маневрировании, а именно k_{22}, k_{33}, k_{55} и k_{66} .

Результаты измерений суммарных гидродинамических характеристик для изолированного корпуса и полной модели (с ограждением рубки и оперением) в виде безразмерных коэффициентов нормальной силы C_y и продольного момента M_z от угла атаки α , а также для боковой силы C_z и момента дрейфа M_y позволяют сделать вывод о том, что принятые для сопоставления формы обводов в рабочих диапазонах углов атаки и дрейфа оказывают незначительное влияние на суммарные гидродинамические силы и моменты, особенно на характеристики модели с выступающими частями. Лишь при $\alpha \geq 8^\circ$

Таблица 1

Коэффициенты присоединенных масс									
Вариант носовой оконечности	k_{11}	k_{22}	k_{33}	k_{34}	k_{35}	k_{26}	k_{44}	k_{55}	k_{66}
I	0,038	0,882	1,040	0,028	0,038	0,041	0,130	0,868	0,781
II	0,043	0,864	1,057	0,028	0,064	0,073	0,140	0,904	0,753
III	0,034	0,869	1,060	0,026	0,066	0,070	0,130	0,912	0,758

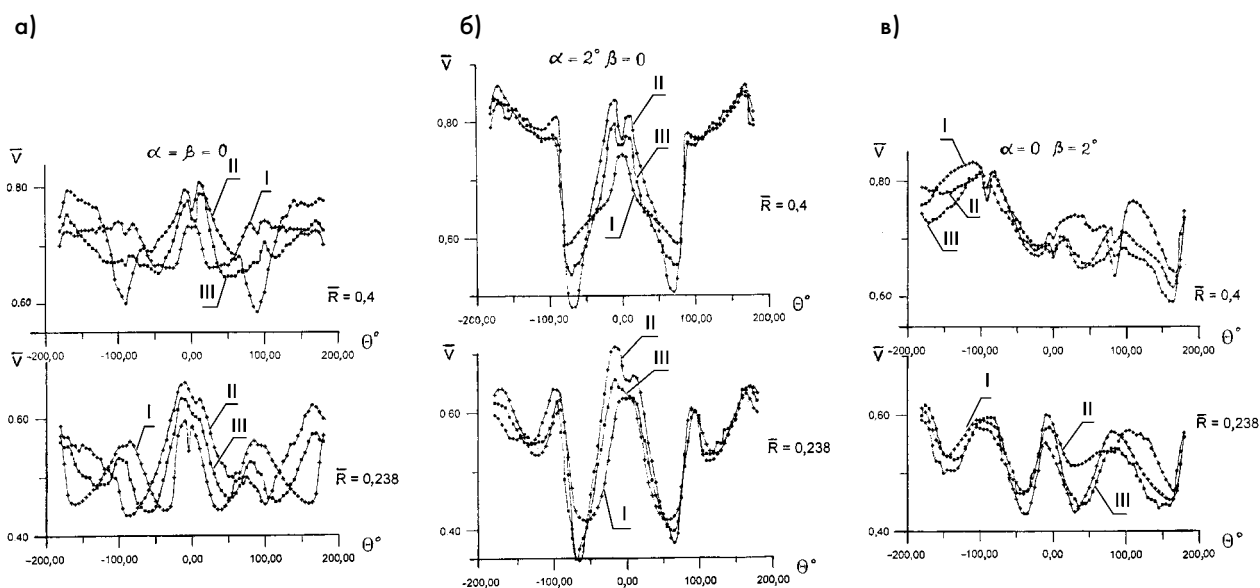


Рис. 4. Зависимости продольной компоненты скорости набегающего потока в плоскости диска гребного винта с относительными радиусами $\bar{R} = 0,238$ и $0,400$ для вариантов I, II и III формы обводов носовой оконечности: а — при углах атаки и дрейфа $\alpha = \beta = 0$; б — при $\alpha = 2^\circ$ и $\beta = 0$; в — при $\alpha = 0$ и $\beta = 2^\circ$

можно увидеть небольшие отличия для модели II с носовой оконечностью штевневой формы.

Об этом же свидетельствуют значения производных при углах $\alpha = \beta = 0$. Для полной модели с носовыми оконечностями I, II и III значения производных соответственно равны $C_z^\alpha = 0,0098; 0,0099$ и $0,0092$, а $M_z^\alpha = 0,0084; 0,0084$ и $0,0087$. Аналогично, производные $C_z^\beta = -0,0097; -0,0086$ и $-0,0103$, а $M_y^\beta = 0,0250; 0,0230$ и $0,0240$.

Можно полагать, что еще меньше влияние форма носовой оконечности оказывает на вращательные производные, значения которых, главным образом, определяются параметрами оперения.

5. Поле скоростей в диске ГВ в виде продольного компонента скорости в плоскости диска ГВ (вдоль окружностей с относительными радиусами $R = 0,238$ и $0,400$) приведено по результатам измерений при углах $\alpha = \beta = 0$ и 2° на рис. 4.

Сравнительная оценка перепадов скорости в диапазоне централь-

ного угла $\theta = 0 \dots 180^\circ$ производилась по значениям $\Delta \bar{v} = \bar{v}_{\max} - \bar{v}_{\min}$. Перепады скорости $\Delta \bar{v}$ при углах $\alpha = \beta = 0$, изменении только углов атаки $\alpha = 2^\circ$ и $\beta = 0$, а также при изменении только углов дрейфа $\alpha = 0$ и $\beta = 2^\circ$ приведены в табл. 2.

Изменения продольного компонента скорости потока показали, что с увеличением относительного радиуса R (расстояния от оси корпуса) неравномерность потока заметно уменьшается.

По отношению к исходному варианту обводов носовой оконечности I перепады значений $\Delta \bar{v}$ при углах атаки и дрейфа $\alpha = \beta = 0$ на модели носовой оконечности II на радиусах $R = 0,400$ и $0,657$ увеличиваются примерно в 2 раза. На модели носовой оконечности варианта III указанное превышение на радиусах $R = 0,238$ и $0,400$ снижается до 30%, а на $R = 0,657$ практически пропадает. При изменениях углов атаки или дрейфа наблюдается аналогичная картина, как и при $\alpha = \beta = 0$.

Оценка перепадов скорости в диске ГВ дает лишь некоторую общую характеристику структуры течения. Кроме этой, качественной, оценки представляет интерес определение влияния степени неравномерности натекающего на ГВ потока на величину приращения его шумоизлучения. Такая количественная оценка выглядит предпочтительнее, так как является интегральной.

6. Оценка влияния степени неравномерности натекающего на ГВ потока на величину приращения шумоизлучения движителя учитывает не только сами перепады значений скорости потока по дуге измерения на определенном радиусе, но и их распределение по центральному углу θ (углу поворота ГВ). Для такого сопоставления были использованы известные выражения гармонического анализа функции распределения скорости потока на измеряемом радиусе [2, 3].

Разница в уровнях шумоизлучения (в дБ), обусловленного неоднородностью потока перед ГВ, для сравниваемых моделей I и II может быть представлена соотношением

$$\Delta L = 20 \lg(U_{1mz}/U_{2mz}), \quad (2)$$

где U_{1mz} и U_{2mz} — амплитуды гармоники mz неоднородности потока; m — номер гармоники; z — число лопастей гребного винта.

Амплитуда гармоники для модели с каждым вариантом носовой оконечности определялась функцией

Таблица 2

Перепады значений продольного компонента относительной скорости $\Delta \bar{v}$ в плоскости диска ГВ									
Относительный радиус измерения скорости \bar{R}	Вариант формы носовой оконечности								
	$\alpha = \beta = 0$			$\alpha = 2^\circ$ и $\beta = 0$			$\alpha = 0$ и $\beta = 2^\circ$		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
0,238	0,153	0,233	0,194	0,272	0,366	0,333	0,182	0,150	0,175
0,400	0,110	0,222	0,142	0,274	0,355	0,312	0,213	0,178	0,220
0,657	0,110	0,194	0,117	0,163	0,246	0,175	0,170	0,269	0,173

$$U_{mz} = \left(\left\{ \left(\frac{1}{\pi} \right) \int_{-\pi}^{\pi} [\bar{v}(\theta) - \bar{v}_{cp}] \cos(mz\theta) d\theta \right\}^2 + \left\{ \left(\frac{1}{\pi} \right) \int_{-\pi}^{\pi} [\bar{v}(\theta) - \bar{v}_{cp}] \sin(mz\theta) d\theta \right\}^2 \right)^{1/2} \quad (3)$$

где $\bar{v}(\theta)$ — осредненное по времени значение скорости потока на радиусе; \bar{v}_{cp} — среднее значение скорости потока по азимутальному углу θ .

Сравнительная оценка шумоизлучения была проведена при обработке измерений скоростей потока (см. рис. 4) на радиусе относительно корпуса $R = 0,400$. Это сечение соответствует сечению его лопастей на относительном радиусе ГВ ($R_{сеч} = R_{сеч}/R_{ГВ}$; $R_{сеч} = 0,6...0,7$, где располагается максимум их нагрузки).

Степень влияния числа лопастей на сравнительный уровень шумоизлучения при различных формах носовой оконечности оценивалась для ГВ с числом лопастей 5 и 7. Решено было ограничиться первой гармоникой ($m = 1$), так как именно она вносит основной энергетический вклад в интенсивность шумоизлучения.

Результаты сравнительной оценки шумоизлучения ГВ при различных формах носовой оконечности относительно исходной носовой оконечности I и использовании ГВ с разным числом лопастей приведены в табл. 3.

Из приведенных расчетов видно, что изменение формы носовой оконечности и, соответственно, изменение поля скоростей в диске ГВ оказывает заметное и неоднозначное влияние на его шумоизлучение. Необходимо учитывать, что неравномерность поля скоростей формируется в результате взаимодействия обтекания корпуса ПЛ, ограждения рубки и оперения. При идеализированном режиме движения, т. е. при $\alpha = \beta = 0$, и использовании пятилопастного ГВ форма носовой оконечности III приводит к снижению шумоизлучения на 3 дБ. При использовании семилопастного ГВ это преимущество становится еще более существенным (6 дБ), в то время как поле с носовым образованием II резко усиливает уровень шумоизлучения — на 7 дБ. Однако при углах атаки и дрейфа, отличных от нуля, картина меняется.

Принимая во внимание тот факт, что при реальных эксплуатационных режимах движения ПЛ углы

Таблица 3

Сравнительная оценка шумоизлучения ΔL (дБ) гребного винта для моделей с разными формами носовой оконечности по данным единичной известной функции распределения скоростей на одном относительном радиусе

Число лопастей z	Вариант носовой оконечности	$\alpha = \beta = 0$		$\alpha = 2^\circ, \beta = 0$		$\alpha = 0, \beta = 2^\circ$	
		U_{mz}	ΔL	U_{mz}	ΔL	U_{mz}	ΔL
z = 5	I	+0,011763	—	+0,014333	—	+0,007417	—
	II	+0,010424	1,0	+0,030380	-6,5	+0,014943	-6,1
	III	+0,008131	3,2	+0,023900	-4,4	+0,008314	-1,0
z = 7	I	+0,002721	—	+0,019068	—	+0,008215	—
	II	+0,006257	-7,2	+0,013460	+3,0	+0,002588	+10,0
	III	+0,001353	6,1	+0,024000	-2,0	+0,009711	-1,4

Примечание. Приращение DL вычислялось по отношению к исходному варианту носовой оконечности I (плюс означает снижение уровня шумоизлучения, а минус — повышение).

атаки и дрейфа постоянно меняются в диапазоне $\pm 1,0... \pm 1,5^\circ$, наиболее благоприятное поле скоростей, обеспечивающее наименьший уровень шумоизлучения ГВ, достигается при исходном варианте носовой оконечности оживальной формы I.

Дополнительно, для обеспечения более полного анализа измеренного поля скоростей в диске ГВ (см. рис. 4), был выполнен гармонический анализ функции распределения скоростей потока по всем радиусам измерений [2, 4], результаты которого для идеализированного режима движения при $\alpha = \beta = 0$ представлены на рис. 5. По результатам

анализа сделаны сравнительные расчетные оценки шумоизлучения ГВ для моделей с разными формами носовой оконечности в случае использования различных вариантов движителя ПЛ с числом лопастей винта 5, 6 и 7, а также при вариантах с увеличенной номинальной частотой его вращения в 2,33 раза ($n_{уб.} = 2,33n$) по сравнению с исходной принятой частотой вращения n .

По методике, разработанной в ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова [4], была выполнена сравнительная оценка шумоизлучения движителя $\Delta L_{уох}$ для случая, когда ПЛ движется на одной и той же, условно

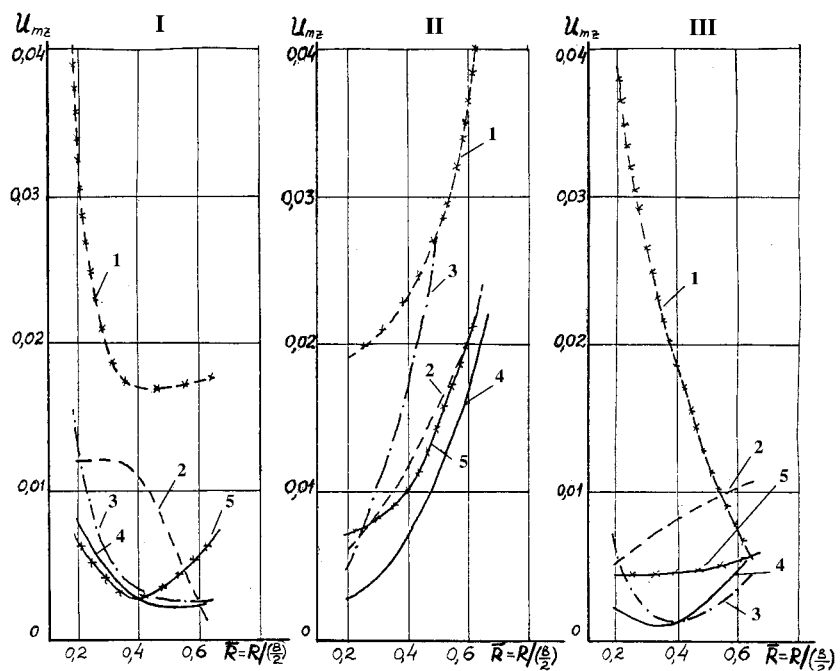


Рис. 5. Гармонический состав поля скоростей в диске гребного винта в виде амплитуды гармоники U_{mz} функций распределения скорости потока на всех радиусах измерений R в зависимости от числа лопастей z вариантов I, II и III носовой оконечности ПЛ при углах атаки и дрейфа $\alpha = \beta = 0$: 1 — для 4-лопастного ГВ; 2 — 5-лопастного; 3 — 6-лопастного; 4 — 7-лопастного и 5 — 8-лопастного

Таблица 4

Сравнительная оценка шумоизлучения $\Delta L_{у\text{сх}}$ (дБ) вариантов ГВ с частотами их вращения n и $n_{у\text{в.}} = 2,33n$ при разных формах носовой оконечности ПЛ на скорости хода $v_{у\text{сх}}$

Число лопастей z	Вариант носовой оконечности	Частота вращения ГВ					
		n			$n_{у\text{в.}} = 2,33n$		
		$\alpha = \beta = 0$	$\alpha = 2^\circ, \beta = 0$	$\alpha = 0, \beta = 2^\circ$	$\alpha = \beta = 0$	$\alpha = 2^\circ, \beta = 0$	$\alpha = 0, \beta = 2^\circ$
5	I	—	—	—	—	—	—
	II	-1,9	-4,0	-1,9	+3,0	-3,4	-3,1
6	I	—	—	—	—	—	—
	II	-13,0	-7,6	-2,4	-0,3	-8,2	-2,4
7	I	—	—	—	—	—	—
	II	-7,2	-2,7	-9,4	-1,3	-3,2	-0,9
	III	+3,0	+0,7	-1,9	+6,9	-2,4	+0,7

Примечание. Приращение ΔL вычислялось по отношению к исходному варианту носовой оконечности I (плюс означает снижение уровня шумоизлучения, а минус — повышение).

принятой для всех вариантов анализа, эксплуатационной скорости хода (УСХ) $v_{у\text{сх}}$.

При выполнении расчетов шумоизлучения $L_{у\text{сх}}$ использовались диаграммы обычных серийных ГВ. Результаты расчета сравнительной оценки приводятся в табл. 4.

Дополнительный анализ поля скоростей в диске ГВ при принятой исходной частоте его вращения n и использовании функций распределения скоростей потока по всем радиусам измерений показал хорошую качественную сходимость оценки влияния на шумоизлучение ГВ рассматриваемых форм носовых оконечностей с полученными ранее результатами приближенного анализа поля скоростей на радиусе, соответствующем максимальной нагрузке на лопастях винта (см. табл. 3).

Кроме того, использование полного гармонического анализа поля скоростей по всем радиусам измерений (см. рис. 5) с последующим расчетом уровней шума ГВ (см. табл. 4) показало целесообразность для некоторых случаев проектирования однолопастных ПЛ, увязанных с выбором рациональной формы их носовых оконечностей, рассматривать возможность использования, кроме 5 или 7-лопастных, и 6-лопастные ГВ. Однако окончательный выбор рекомендуемого числа лопастей должен определяться одновременно с индивидуальной отработкой формы обводов носовой оконечности ПЛ исходя из требований конкретного проектирования.

При увеличенной частоте вращения ГВ $n_{у\text{в.}} = 2,33n$ его диаметр уменьшается примерно на 35—45%,

поэтому исследования шумоизлучения двигателя выполнялись по данным измерений скоростей потока и обработки зависимости $\bar{v} = f(\theta)$ только на относительном радиусе $R = 0,238$. При этом погрешность расчетов шумоизлучения ГВ возрастает по отношению к выполненным расчетам для двигателя с принятой первоначально номинальной частотой вращения n . Расчеты показывают целесообразность увеличения числа лопастей, особенно при вынужденном использовании ГВ с повышенной частотой вращения.

Как отмечалось ранее, при реальных в условиях эксплуатации режимах движения ПЛ, углы атаки и дрейфа отличны от нуля и постоянно изменяются, поэтому для обеспечения минимизации уровня шумоизлучения ГВ предпочтительнее использовать носовую оконечность оживальной формы I.

Проведенные комплексные исследования влияния формы носовой оконечности ПЛ на ее распределенные и суммарные гидродинамические характеристики позволили сделать следующие выводы:

1. Рассмотренные три варианта формы носовой оконечности оказывают в ряде случаев заметное, в основном локальное, влияние на структуру обтекания и звук вращения ГВ на лопастной частоте;

2. Визуализация набегающего потока показала безотрывность обтекания носовых оконечностей I, III, а на носовой оконечности II наличие небольших рециркуляционных зон вдоль линий перехода плоских боковых стенок к криволинейным поверхностям корпуса;

3. Измерения пограничного слоя на исходной форме носовой оконечности I свидетельствуют о наиболее плавном изменении параметров обтекания, а на носовой оконечности II результаты измерения носят резко выраженный градиентный характер. Измерения распределения статического давления по поверхности носовых частей показали результаты, аналогичные изменениям пограничного слоя. Для носовой оконечности II большие значения разрежения давления следует учитывать в расчетах прочности устройств в носовой части ПЛ и при расчетах уровня помех в работе гидроакустических комплексов;

4. Исследования суммарных гидродинамических характеристик, определяющих устойчивость и управляемость движения ПЛ в вертикальной и горизонтальной плоскостях в диапазоне углов атаки и дрейфа $\pm 8^\circ$, не обнаружили их зависимости от влияния формы носовой оконечности;

5. Измерения на одном относительном радиусе позволили достаточно надежно выполнить качественный анализ влияния степени неравномерности поля скоростей в диске ГВ;

6. Сравнительная оценка шумоизлучения ГВ показала, что выбор двигателей ПЛ, числа их лопастей и частоты вращения, исходя из требований конкретного проектирования, должен быть увязан с индивидуальной отработкой формы обводов носовой оконечности.

Уменьшению шумоизлучения способствует снижение частоты вращения ГВ, а также увеличение числа его лопастей, особенно в случаях, когда вынужденно, по компоновочным условиям выбора механической установки, приходится идти на увеличение частоты вращения винта.

Литература

1. Маслов Л. А., Юшин В. П. К расчету обтекания фюзеляжа самолета произвольной формы при малых скоростях // Ученые записи ЦАГИ. Т. VII. № 1. 1976.
 2. Бронштейн И. Н., Семендяев К. А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. М.: Гос. изд. техн.-теор. лит-ры, 1956.
 3. Гольдштейн М. Е. Аэроакустика / Пер. с англ. Под ред. А. Г. Мунина. М.: Машиностроение, 1981.
 4. Периодические силы, передаваемые гребным винтом корпусу судна // Труды ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова. Вып. 273. Л.: Судостроение, 1972.

ЭКСПЕРТНЫЕ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ «ВЕЩУН»

Г. Ш. Розенберг, канд. техн. наук; А. Н. Неелов, канд. техн. наук,
Е. С. Голуб, Е. З. Мадорский, канд. техн. наук,
М. Л. Винницкий (ЗАО ЦНИИМФ)

УДК 629.12.03-843.6

Созданные в 1992 г. в ЦНИИМФ экспертные системы технической диагностики (ЭСТД) «Вещун» представляют собой сочетание диагностических средств и вычислительной техники на базе персональной ЭВМ, в которую постоянно или периодически поступает информация от средств диагностирования, где она обрабатывается с использованием базы знаний, составленной с помощью экспертов в данной предметной области, после чего система выдает заключение (диагноз) о наличии неисправностей и рекомендации по их устранению, а также прогноз состояния. ЭСТД позволяет осуществлять техническое обслуживание (ТО) и ремонт по состоянию и снизить затраты на эти цели в среднем на 30%.

ЭСТД «Вещун» относятся к предметно (объектно) ориентированным экспертным системам и могут быть двух видов: статические и динамические. Статические системы предназначены для поиска неисправностей в объекте (структурные неисправности), а динамические — для установления причин нарушения правильности функционирования объекта (системные неисправности).

Общие характеристики статических ЭСТД «Вещун»¹, охватывающие основные технические средства судна, приведены в табл. 1.

Динамические системы, как правило, работают в реальном масштабе времени, статические — в диалоговом режиме. Статические системы предназначены для периодического диагностирования технических средств; при этом в ЭСТД «Вещун» используется однократный ручной или автоматический ввод информации, а установление диагноза идет в автоматическом режиме.

Динамические экспертные системы предназначены для централизованного контроля сложных технических систем и требуют одновременного ввода большого числа диагностических параметров.

Быстродействие прикладных ЭСТД (от момента ввода параметров до выдачи на экран монитора диагноза и рекомендации)

составляет: динамических (реального времени) — 0,5—3 с; статических однократного запросного ввода информации (типа «Вещун») — 1—5 с; статических вопросно-ответных — 10—15 мин.

При разработке ЭСТД были использованы опыт и знания большого числа специалистов, применены сложные методы распознавания, систематизирован обширный опыт ЦНИИМФ в области технической эксплуатации и диагностики [1]. Система позволяет оперативно оценивать техническое состояние объекта, сокращать время поиска неисправностей и прогнозировать состояние, предотвращать аварийные ситуации и сохранять накопленный опыт эксплуатации (что важно при частой сменяемости персонала, его сокращении и снижении квалификации).

Принцип действия ЭСТД основан на отнесении объекта диагностирования к одной из четырех категорий состояния (А, В, С, D), принятых в международной практике. Категория соответствует определенному объему работ по ТО и ремонту. Поскольку каждое техническое состояние описывается множеством диагностических параметров, то каждая категория рассматривается как подмножество состояний. В силу особенностей диагностических параметров — размытости границ области состояния, погрешности измерения, нечеткости описания — они рассматриваются как нечеткие множества.

Уровень принадлежности диагностического параметра χ_i подмножества А, В, С и D оценивается характеристической функцией в интервале [0, 1], которая называется функцией принадлежности μ . Отметим, что интервал [0, 1] охватывает все множества состояний объекта диагностирования.

Для градации функции принадлежности в интервале [0, 1] принята стандартная условная шкала, соответствующая категориям состояния:

категория А ($\mu < 0,5$) — неисправность отсутствует, состояние объекта при приеме в эксплуатацию;

¹ЭСТД «Вещун» используются также для транспортных и энергетических объектов.

Таблица 1

Общие характеристики ЭСТД «Вещун»

Наименование базовых ЭСТД	Количество определяемых неисправностей	Количество измеряемых диагностических параметров					Степень охвата возможных неисправностей (ориентировочная), %
		Всего, ед.	Вибрация	Теплотехнические	Трибологические	Органолептические	
Газотурбинный двигатель:							
теплотехника	53	75	—	100	—	—	90
осмотровые операции	42	84	—	—	—	100	70
запуск	8	22	—	100	—	—	95
масло	24	22	—	—	100	—	95
вибрация двигателя	25	31	98	—	—	2	70
вибрация редуктора			100	—	—	—	70
Дизель:							
теплотехника	40	90	—	98	—	2	80
масло	24	23	—	—	100	—	45
турбокомпрессор	10	19	100	—	—	—	80
привод механизмов	11	24	100	—	—	—	70
Шестеренный насос	18	28	68	32	—	—	85
Центробежный насос	25	37	81	19	—	—	85
Винтовой насос	19	29	79	21	—	—	85
Поршневой компрессор	26	39	82	18	—	—	80
Масло поршневого компрессора	9	18	73	27	—	—	85
Центробежный сепаратор	26	14	72	28	—	—	85
Вентилятор	10	28	93	7	—	—	85
Асинхронный электродвигатель	17	24	66	17	—	—	75

категория В ($\mu = 0,5...0,75$) — неисправность незначительна, обычное состояние в эксплуатации, ТО не проводится;

категория С ($\mu = 0,75...0,99$) — неисправность значительна, проводится ТО или ремонт в течение ближайших 15–30 дней;

категория D ($m > 0,99$) — неисправность опасна, дальнейшая эксплуатация не проводится.

Аналогичная градация принята и для качества масла.

Разработанные в ЦНИИМФ нормы технического состояния, выраженные диагностическими пара-

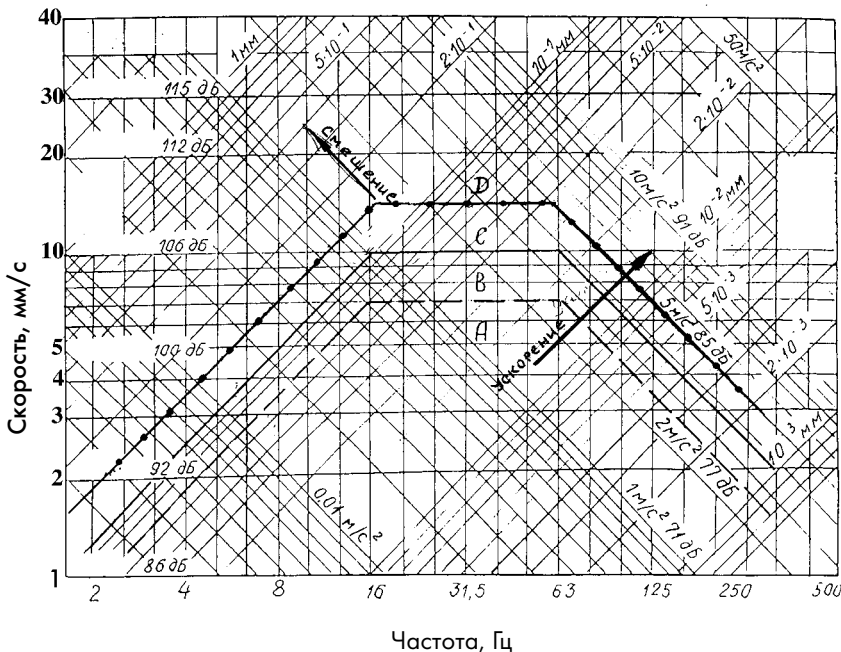


Рис. 1. Нормы вибрации вертикальных центробежных насосов с электроприводом мощностью 15–75 кВт:
 - - - - - верхняя граница категории А; ———— верхняя граница категории В;
 - · - · - · - верхняя граница категории С

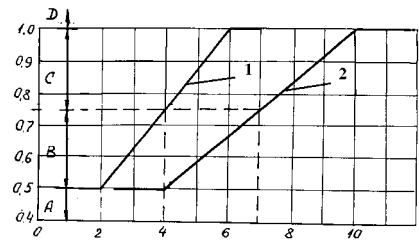


Рис. 2. Функции принадлежности по уровню радиальной и осевой вибрации для шестеренных насосов с электроприводом мощностью 2–15 кВт:
 1, 2 — кривые функции принадлежности K_4-K_9 и $K_1-K_3, K_{10}-K_{12}$ соответственно

метрами, также как и нормы Российского Морского Регистра Судостроения и различные нормы ISO, определяют границы категории технического состояния. В качестве примера на рис. 1 приведены нормы вибрации для центробежных насосов с электроприводами мощностью 15–75 кВт.

Функции принадлежности позволяют перевести диагностические параметры различной физической природы (в том числе и «лингвистические термины») в универсальные безразмерные величины в интервале [0, 1]. В системах «Вещун» принята псевдо S-образная форма функции принадлежности (рис. 2).

Функция принадлежности составляет основу коэффициента развития неисправности $K_{рн'}$, используемого в алгоритмах решающих правил систем ЭСТД. Наряду с ним в алгоритмах используется коэффициент проявления неисправности $K_{пн}$ и коэффициент достоверности диагноза $K_{дд}$.

Если неисправность описывается одним диагностическим параметром, то коэффициент $K_{рн}$ равен функции принадлежности и имеет соответствующие градации.

При описании неисправности несколькими диагностическими параметрами (т. е. несколькими функциями принадлежности) коэффициент развития неисправности $K_{рн}$ представляется в виде обобщенного параметра, имеющего те же упомянутые выше четыре градации.

Обобщенный параметр может быть получен несколькими способами: в виде логико-алгебраических объединяющих выражений, методам главного критерия (определяю-

Таблица 2

Неисправности центробежного электронасоса (фрагмент)											
Код	Неисправность	Эвристический коэффициент проявления неисправности $K_{пн}$	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7	K_8	K_9
			$f_{об}$ рад.	f_2 рад.	$f_{осв.}$	f_2 осев.	$f_{об}$ Z_M рад.	$f_{0,5}$ гор.	$f_{0,5}$ рад.	$f_{0,25-0,43}$ рад.	$f_{0,52-0,95}$ рад.
			I	II	I	II	Выч.	0,5	0,5	0,25-0,43	0,52-0,95
001	Расцентровка с приводом	K^{35} — повышение вибрации с нагрузкой	+	+или		+и					
002	Неисправность муфты			+или			+				
003	Неуравновешенность вращающихся деталей (повреждение или занос рабочего колеса или неплотная посадка колеса на валу)		+	+или							
...											
021	Недостаточная смазка подшипника № 3										

Условные обозначения: «+» — данный параметр влияет на диагноз; «+ и» — на диагноз влияют совместно два параметра; «+ или» — возможно влияние на диагноз одного из параметров (принимается во внимание параметр с наибольшим значением).

щего параметра), линейной свертки или минимаксным, а также в виде регрессионного уравнения (полученного, в частности, методами планирования экспериментов).

Коэффициент проявления неисправности $K_{пн}$ является эвристическим, а в ряде решающих правил выступает как диагностический параметр. В системе «Вещун» он часто играет роль «диспетчера».

Коэффициент достоверности диагноза $K_{дд}$ играет контролирующую роль и является вероятностной оценкой ошибок «ложная тревога» или «пропуск дефекта». Первоначально $K_{дд}$ задается по аналогиям, а затем определяется по результатам работы ЭСТД.

Объект диагностирования описывается рабочей таблицей неисправностей с перечнем возможных неисправностей и их описанием диагностическими параметрами (функциями принадлежности). Таблица неисправностей (табл. 2) используется для составления решающих правил. Каждой неисправности соответствует одно или несколько решающих правил — моделей обнаружения неисправностей, позволяющих отнести ее к той или иной категории состояния.

В ЭСТД используются модели обнаружения неисправности, полученные различными методами, которые используются в единой диагностической программе — так называемой многофункциональной технологической платформе:

отклонение от математической модели, от эталонной модели, полу-

ченной для нового объекта на стенде, в том числе так называемый метод «расслоения характеристик» (для термогазодинамических параметров);

отклонение от норм на частотах проявления неисправностей (узкополосный спектр или в 1/3 октавы); отклонение от опорного (осредненного) спектра; корреляционные разладки вибрационных параметров, специальные методы обработки вибрации — кепстр, огибающая — анализ появления боковых частот и их модуляции (для вибрационных параметров);

измерение ударных импульсов (является преимущественным методом в системе «Вещун» для оценки состояния подшипников качения);

трибологические методы — определение содержания металлов в продуктах износа и оценка изменения качества масла;

осмотровые операции и органолептические методы.

Использование различных моделей позволяет, с одной стороны, расширить область обнаруживаемых неисправностей, а с другой — повысить достоверность диагноза благодаря подтверждению диагноза несколькими независимыми методами. При этом также используется параллельное определение одной и той же неисправности несколькими методами (если это допускают средства диагностирования). Блок обратной связи через некоторое время эксплуатации системы устанавливает эффективность того или иного метода для данного объекта.

Программное обеспечение ЭСТД позволяет диагностировать неисправность путем автоматического перебора решающих правил и вывода на экран компьютера пере-

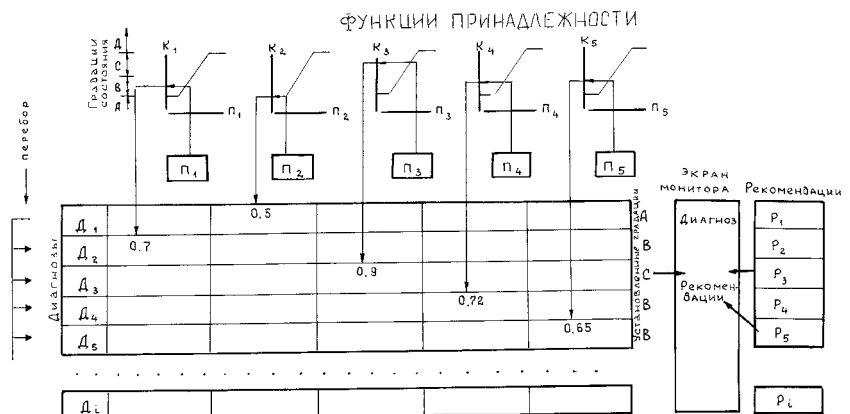


Рис. 3. Схема установления диагноза в ЭСТД «Вещун»

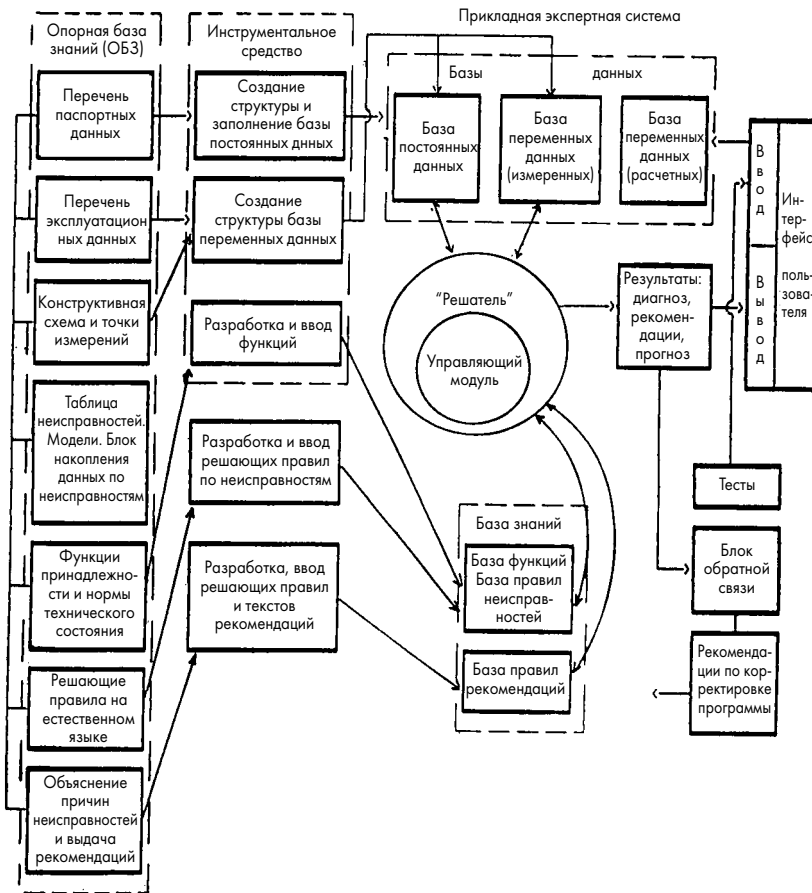


Рис. 4. Архитектура ЭСТД «Вещун»

чняя неисправностей с рекомендациями по их устранению (рис. 3).

ЭСТД «Вещун» включает в себя три основных блока: опорную базу знаний (ОБЗ), инструментальное средство (ИС) и собственно прикладную экспертную систему (рис. 4). ОБЗ и ИС предназначены для специалиста, создающего прикладную экспертную систему. Последняя, в свою очередь, предназначена для конечного пользователя.

ОБЗ (см. рис. 4) концентрирует знания об объекте диагностирования, необходимые для заполнения «пустой оболочки». Создание библиотеки ОБЗ дает возможность быстро получать ЭСТД для любых приложений. ОБЗ должна поддерживаться и пополняться пользователем системы. Действия специалиста по заполнению оболочки регламентируются специальной инструкцией по синтаксису написания арифметических и логических операций. Количество создаваемых прикладных ЭСТД — не ограничено. Операционная система и язык ЭСТД — MS DOS 3

и выше, Clipper 5.01. Трудоемкость создания прикладной экспертной системы при наличии ОБЗ — 2 чел/ч на одно правило.

Система имеет открытую структуру с возможностью корректировки и дополнений. Число данных, количество неисправностей не ограничено. Большие технические системы при создании ЭСТД разбиваются на блоки (например, дизель, ГТД) по типам моделей обнаружения неисправностей. Охват возможных неисправностей достигает 60—90% (ограничения из-за возможностей диагностических средств). Количество правил в одной прикладной ЭСТД (блоке) — до 400.

Механизм вывода («решатель») основывается на жесткой программе отнесения диагноза к четырем категориям состояния. При этом используется метод нечеткого вывода с прямым построением цепочки продукционных правил. Быстродействие составляет 1—5 (после ввода информации) и определяется числом правил и возможностями компьютера.

Система характеризуется высокой достоверностью: вероятность диагноза по ошибкам «ложная тревога» — 0,90—0,93, по «пропуску дефекта» — 0,94—0,95. Блок обратной связи ведет учет процента «ложных тревог» и «пропусков дефектов». На основе этих данных проводится «самообучение» — вносится корректировка в решающие правила и нормы технического состояния.

Система осуществляет прогнозирование на заданную дату и анализ тенденций, а также выдает рекомендации по ТО и указывает причины неисправности. Предусматривается применение различных методов прогноза, отвечающим физическим процессам развития неисправности.

Требуемая память — примерно 620 кбайт: главный модуль — 464 кбайта, вспомогательные файлы — 17 кбайт, база данных на одну прикладную экспертную систему (в среднем) — 135 байт и дополнительно примерно 1 кбайт на каждый сеанс ввода данных измерений. Ввод данных может быть ручным и автоматическим.

Системы «Вещун» работают в составе переносных или стационарных универсальных диагностических систем. Основной для ЭСТД является переносная система СКАН, созданная ЦНИИМФ на основе применения виртуальных приборов.

В настоящее время за рубежом блок экспертной системы в обязательном порядке включается в состав современных диагностических систем.

Сравнение ЭСТД «Вещун» с ЭСТД ведущих американских компаний ExpertAlert фирмы Predict/DU и NSpectr II фирмы CSI показывает, что по охвату механизмов, достоверности, применению универсальной технологической платформы эти системы примерно одинаковы, однако ЭСТД «Вещун» имеют меньшую стоимость и лучше приспособлены к отечественной технике.

Литература

1. Голуб Е. С., Мадорский Е. З., Розенберг Г. Ш. Диагностирование судовых технических средств. М.: Транспорт, 1993.
2. Статические и динамические экспертные системы/Э. В. Попов, И. Б. Фоминых, Е. Б. Кисель, М. Д. Шапот. М.: Финансы и статистика, 1996.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ВОДОМЕТНЫХ ДВИЖИТЕЛЕЙ

(В порядке обсуждения)

А. М. Степанов, докт. техн. наук, А. Л. Федоров, канд. техн. наук
(ВМИИ)

УДК 629.5.036

Водометные движители (ВД) по принципу действия относятся к гидрореактивным*. Реактивные гидродинамические силы, создающие упор водометного движителя, в отличие от традиционного гребного винта, формируются на лопастях рабочего колеса насоса, на лопастях спрямляющего аппарата и водонепроницаемых поверхностях водовода.

ВД имеют целый ряд специфических особенностей. К ним можно отнести: влияние способа отбора жидкости из пограничного слоя к движителю на распределение гидродинамических давлений по поверхности корпуса судна в районе входного отверстия водовода и выхода из реактивного сопла; отсутствие влияния попутного потока на лопасти рабочего колеса движителя; влияние на энергетические показатели системы гидравлические потери в водоводе, а также наличие перепада гидродинамических давлений между входом и выходом из реактивного сопла.

Несмотря на ряд положительных качеств, присущих ВД [1], их пропульсивные показатели в общепринятом конструктивном исполнении (сосредоточенный отбор жидкости) остаются пока ниже винтовых вариантов (например, у катеров лесосплава пропульсивный коэффициент не превышает 0,5), что замедляет интенсивность их внедрения [2—4]. Поэтому повышение энергетической эффективности судов и подводных объектов с ВД является актуальной задачей.

Один из возможных путей повышения эффективности ВД заключается в рациональном конструктивном исполнении входного участка водовода движителя и обводов корпуса кормовой оконечности судна. Схема движительного комплекса с распределенным отбором жидкости из пограничного слоя, приведенная на рис. 1, позволяет реализовать силы гидродинамического давления на кормовой оконечности судна в силу, совпадающую по направлению с движением судна, что в целом приводит к снижению общего сопротивления движению и способствует повышению энергетической эффективности.

Рассмотрим основные гидродинамические закономерности входного участка водовода водометного движителя (рис. 2). В общей теории гидрореактивных движителей используются основные законы и теоремы гидромеханики (законы сохранения массы и энергии, теорема об изменении количества движения и законы Ньютона).

В качестве объекта изучения выбрана конструкция корпуса в виде тела вращения с распределенным по периметру отбором жидкости из пограничного слоя через щелевое отверстие.

Согласно уравнению Бернулли по линии тока для вязкой жидкости уравнение энергии можно записать в виде [4]:

$$\gamma QH = [\alpha_c \rho \bar{V}_c^2 / 2 - \alpha_1 \rho \bar{V}_1^2 / 2 + \gamma h_w + (p_c - p_1)] \cdot Q, \quad (1)$$

где $\gamma QH = N_b \eta_n$ — гидравлическая мощность движителя (здесь N_b — мощность на валу движителя; η_n — КПД насосного агрегата, гребного винта или движителя другого типа; $\gamma = \rho g$ — удельный вес жидкости; Q — расход; H — напор, создаваемый лопастной системой движителя); α_c и α_1 — коэффициенты неравномерности потока в сечениях 1—1; c — c ; h_w — гидравлические потери энергии в водоводе движителя от сечения 1—1 до выхода из реактивного сопла; \bar{V}_1 — осредненное значение скорости в отбираемом слое сечения 1—1.

Обозначив $\bar{V}_c / V_0 = m$; $\bar{V}_1 / V_0 = k$; $h_w = \zeta_\Sigma \cdot V_0^2 / 2g$; $(p_c - p_1) / \gamma = \Delta \bar{p} \cdot V_0^2 / 2g$, выражение (1) можно записать в следующем виде:

$$\gamma QH = 0,5 \rho Q V_0^2 (\alpha_c m^2 - \alpha_1 k^2 + \zeta_\Sigma + \Delta \bar{p}). \quad (2)$$

Согласно теореме об изменении количества движения, приращение количества движения за промежуток времени $(t - t_0)$ равно импульсу силы за то же время [5], т. е.

$$R = \int_S \rho V_n V ds \text{ — можно записать}$$

$$0,5 c_x S_0 \rho V_0^2 = \rho Q V_0 (\alpha_4 m - \alpha_3 k) = P, \quad (3)$$

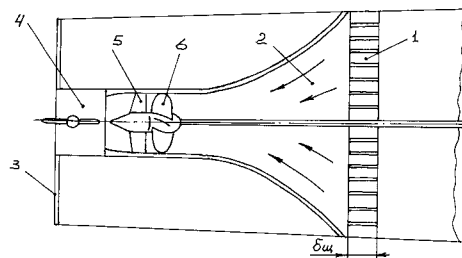


Рис. 1. Схема водометного движителя с распределенным отбором жидкости:

1 — защитная решетка; 2 — подводный канал (водовод); 3 — транец судна; 4 — реверсивно-рулевое устройство; 5 — спрямляющий аппарат; 6 — рабочее колесо насоса; $\delta_{щ}$ — ширина щелевого отверстия

* См. «Судостроение». 1996. № 11—12. С. 15—18, 21—23. (Прим. ред.).

где S_0 — смоченная поверхность объекта (без учета поверхности водовода движителя); c_x — фактический коэффициент сопротивления движению тела в жидкости (он не равен коэффициенту буксировочного сопротивления); α_3 и α_4 — коэффициенты неравномерности потока по количеству движения; P — упор движителя.

Левая часть равенства (3) представляет собой равнодействующую сил сопротивления движению тела в жидкости, правая — равнодействующую сил упора, создаваемую движителем и равную изменению количества движения в водоводе движителя в проекции на ось движения (в других типах движителей — на лопатках рабочего органа).

С учетом того, что в уравнениях (2) и (3) $\alpha \approx 1$ и $\gamma QH = N_b \eta_n$, совместное решение этих уравнений дает приближенную зависимость для заданной мощности на валу движителя:

$$V_0 = \left(\frac{2N_b \eta_n}{\rho c_q S_0 (m^2 - k^2 + \zeta_\Sigma + \Delta \bar{p})} \right)^{1/3} \quad (4)$$

где $c_q = Q/V_0 S_0$ — коэффициент расхода.

Из (4) можно получить значение искомой мощности на валу движителя при заданной скорости хода. Зная мощность на валу N_b , КПД лопастной системы η_n (предварительно задается с последующим уточнением), смоченную поверхность судна S_0 и плотность жидкости ρ , а также аналитические либо экспериментальные зависимости для параметров c_x , k , ζ_Σ и $\Delta \bar{p}$ от коэффициента расхода c_q , можно определить экстремум скорости или необходимой мощности графоаналитическим способом (путем задания через определенный интервал значения c_q).

Из равенства (3) можно получить значения коэффициентов m и c_x . Коэффициент количества движения k , согласно зависимости (4), рассчитывается по параметрам пограничного слоя. При известных значениях расхода Q , скорости хода V_0 , коэффициентов m и k можно определить фактическое сопротивление движению судна R_x .

Проанализируем возможные технические пути повышения энергетических показателей системы с ВД. У большинства из них отверстие для отбора жидкости из набегающего потока конструктивно выполнено в виде эллипсоида на плоском днище кормовой оконечности судна. При таком устройстве энергия попутного потока практически не используется. Для повыше-

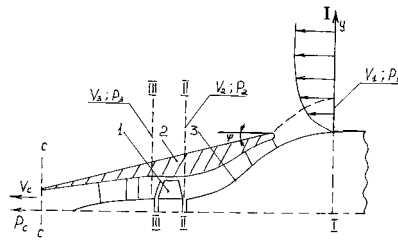


Рис. 2. Схема распределенного отбора жидкости и эпюра скорости на входе в водовод:
I—I, II—II, III—III и с—с — сечения;
1 — рабочее колесо насоса;
2 — насадка; 3 — корпус

ния энергетической эффективности движителя предлагается перейти к распределенному отбору воды по периметру корпуса судна.

Обратимся к зависимости (3) для упора P , создаваемого движителем. Входящий в ее состав коэффициент k характеризует не только количество движения на входе в водовод, но и степень использования попутного потока в создании упора движителем. У обычных водометов этот коэффициент близок к единице, а при распределенном отборе $k = 0,7 \dots 0,8$. Это значит, что для создания одинакового упора во втором случае потребуется меньший расход воды Q и соответственно меньшая мощность. Однако реализации только этого мероприятия оказывается недостаточно, чтобы водометные системы могли достичь пропульсивных показателей винтовых систем.

Вернемся к рассмотрению зависимости (4). За счет каких параметров (при неизменной мощности N_b и КПД насоса) можно увеличить скорость хода? Рассмотрим переменные коэффициенты: c_x , k , ζ_Σ и $\Delta \bar{p}$.

Влияние потерь в водоводе (ζ_Σ и $\Delta \bar{p}$) на эффективность водометной системы весьма ощутимо, они составляют порядка 30% от общей мощности, но существенно улучшить пропульсивные показатели системы за счет со-

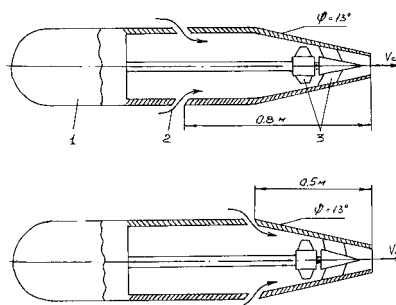


Рис. 3. Схема размещения щелевого отверстия на испытываемом макете тела вращения вдали от стыка корпуса и цилиндра (а) и на стыке корпуса и цилиндра (б):
1 — корпус макета; 2 — щель для отбора жидкости; 3 — ВД

вершенствования водовода пока не удается.

Уменьшение коэффициента $m = \bar{V}_c/V_0$ может привести к изменению скорости, но при этом для достижения необходимого упора P потребуются увеличить расход Q (возрастет коэффициент расхода c_q). В итоге скорость хода V_0 изменится незначительно. Остается рассмотреть возможность совершенствования ВД путем управления взаимодействием движителя с обтекающим судно потоком жидкости, т. е. возможность управления сопротивлением движению корпуса в воде (коэффициент c_x). Одним из таких направлений могло бы стать использование распределенного отсоса жидкости из пограничного слоя с целью ламинаризации потока и уменьшения сопротивления трения по поверхности обтекаемого тела [6]. Однако попытки применить этот способ на телах вращения, движущихся в воде, положительных результатов не дали.

Тем не менее, в ходе испытаний было обнаружено, что на поверхности тела перед щелевым отверстием имеется область пониженного давления, за ним — область повышенного давления.

Расположение кольцевого отверстия для отбора жидкости на стыке горизонтального участка днища и наклонного (кормовой подзор) или конуса (рис. 3) приводит к тому, что проекция равнодействующей отрицательных давлений на направление движения равна нулю, а равнодействующая положительного давления не равна нулю и направлена в сторону движения объекта, уменьшая его общее сопротивление движению. Описанный эффект был подтвержден в процессе проведения специального эксперимента. Испытывались два варианта расположения щелевого отверстия на макете тела вращения диаметром 310 мм. При этом определялась скорость движения объекта в равновесном режиме движения, эффективность вариантов оценивалась по значению гидродинамического пропульсивного коэффициента: $\eta_0 = R_0 V_0 / (\gamma QH)$, где R_0 — буксировочное сопротивление.

Первый вариант — щелевое отверстие водовода расположено на корпусе вдали от стыка, второй вариант — аналогичное отверстие находится на стыке цилиндра с конусом (см. рис. 3).

Анализ основных результатов испытаний (табл. 1) показывает, что скорость хода V_0 возросла на 13—14%, напор насоса увеличился за счет перехода на другой режим работы по час-

тоте вращения. Соответственно уменьшились коэффициенты расхода c_q и соотношения скоростей $m = V_c/V_0$. При этом увеличение скорости в 1,13 раза без каких-либо специальных мероприятий должно было бы привести к возрастанию мощности на валу двигателя почти в 1,5 раза. В опытах же гидравлическая мощность насоса γQH увеличилась не более чем на 10%. Следовательно, увеличение скорости хода подводного объекта могло произойти лишь за счет уменьшения общего сопротивления движению. Сопротивление трению при таком способе отбора жидкости из пограничного слоя может лишь возрасти, поэтому остается только сопротивление давления. Причем сопротивление движению c_x второго варианта уменьшилось до 33% по сравнению с первым, а по сравнению с буксировочным — до 50%. Несмотря на конструктивное несовершенство рассматриваемых вариантов (большие потери в водоводе), пропульсивные показатели второго варианта оказались выше, чем у винтовых систем.

Если учесть, что значение КПД осевого насоса не ниже 0,86, то, переходя к пропульсивному коэффициенту по мощности на валу ($\eta = \eta_0 \eta_n$), для второго варианта макета можно получить $\eta = 0,83 \dots 1,0$. Не следует путать при этом пропульсивный коэффициент (который может быть даже больше единицы) с КПД системы.

В пропульсивном коэффициенте буксировочное сопротивление R_0 , как правило, не равно фактическому R_x .

Как следует из анализа результатов эксперимента, пропульсивные качества системы с водометным двигателем зависят от многих взаимосвязанных параметров, из которых наиболее важными являются выбор места отбора воды к движителю и распределенный отбор ее из пограничного слоя.

Перейдем теперь к рассмотрению корпусной силы. Физическая сущность возникновения местного перераспределения поля гидродинамических давлений в области отсоса жидкости из пограничного слоя принципиально отличается от природы сил давления, создающих сопротивление формы, которое является результатом проявления вязкости жидкости. Для хорошо обтекаемых тел сопротивление формы не превышает 10% от общего сопротивления. Изменение гидродинамического давления в потоке жидкости в районе отсоса не связано с вязкостью жидкости.

При отсосе перед входным отверстием скорость жидкости возрастает и давление падает, после отверстия скорость падает и давление возрастает.

Таблица 1

Основные результаты сравнительных испытаний макетов тела вращения с водометным двигателем*

Диаметр сопла d_c , мм	Скорость V_0 , м/с	Расход Q , л/с	Напор H , м вод. ст.	Гидравлическая мощность γQH , (Н·м/с)	Безразмерные коэффициенты					
					m	c_q	k	η_0	ζ_a	$c_x \cdot 10^3$
Вариант I										
30	5,1	10,8	11,7	1270	3,0	0,79	0,66	0,69	0,51	3,8
59	5,95	26,6	6,2	1650	1,63	1,67	0,71	0,73	0,61	3,2
Вариант II										
30	5,83	11,0	12,5	1380	2,7	0,72	0,65	0,815	0,48	3,0
59	6,75	26,5	6,8	1802	1,435	1,46	0,70	0,97	0,575	2,15
50,9	7,4	23,5	8,6	2020	1,61	1,17	0,68	1,13	0,575	2,17

* Коэффициент буксировочного сопротивления $c_{x0} = 4,2 \cdot 10^{-3}$; площадь щелевого отверстия $\Omega_{щ} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$; угол наклона стенок щелевого отверстия $\varphi = 45^\circ$; смоченная поверхность замкнутого корпуса $S_0 = 2,7 \text{ м}^2$.

По мере удаления от места отсоса жидкости скорость течения потока выравнивается и давление возвращается к первоначальному.

Если организовать отбор жидкости из набегающего потока таким образом, чтобы проекция результирующей силы в области повышения давления была ориентирована по направлению движения тела, то за счет этого можно уменьшить суммарное сопротивление движению. Эту силу назвали корпусной силой [4].

При отборе жидкости из потенциального потока через щелевое отверстие конечных размеров, расположенное на плоской пластине нормально к набегающему потоку, получено решение для давлений, в котором $\Delta \bar{p}$ является функцией отношения осредненной скорости в отверстии V_n к ско-

рости набегающего потока V_0 , где $V_n = Q/\delta_{щ} l$ — длина щелевого отверстия, $\delta_{щ}$ — ширина отверстия.

Для реальной жидкости существенную роль имеет форма обводов входного отверстия. От нее зависит величина фактического сечения входа в водовод, так как часть сечения входного отверстия может перекрываться вихрем и действительная скорость V_n будет значительно больше расчетной.

Для получения картины поля гидродинамических давлений в районе щелевого отверстия одного из водоводов водометного движителя, установленного на теле вращения, были проведены специальные опыты (рис. 4). Разность давлений в данной точке при обтекании замкнутой конструкции без отбора жидкости ($Q = 0$) и при расходе $Q \neq 0$ на равновесном режиме движения и создает корпусную силу. Как следует из данных эксперимента, изменение давлений носит местный характер, опытные данные значительно отличаются от расчетных вследствие влияния геометрии входа. Следовательно, для каждой формы входного участка водовода необходимо определять свои поправочные коэффициенты.

В частности, для конической поверхности тела вращения с кольцевым входом в водовод корпусная сила равна

$$\Delta P_k = \frac{1}{2} \rho V_0^2 S_0 \frac{2}{\pi} c_q \left[\ln \frac{x_c}{r_0} - \frac{\text{tg} \varphi}{r_0} \left(x_c - \frac{\delta_{щ}}{2} \right) \right] \cdot \text{tg} \varphi, \quad (5)$$

где $x_c = 2x_c/\delta_{щ}$ (расстояние от середины отверстия до среза реактивного сопла); r_0 — радиус цилиндрического корпуса.

Из выражения (5), разделив ΔP_k на $0,5 \rho V_0^2 S_0$, получаем коэффициент корпусной силы Δc_x .

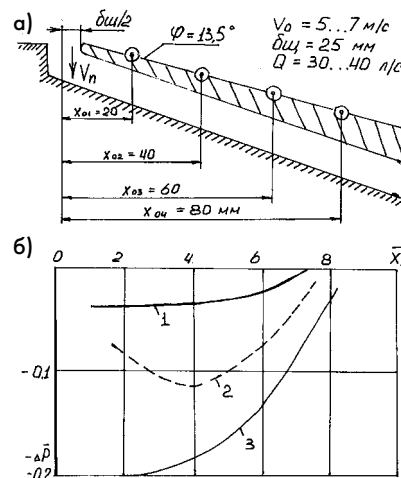


Рис. 4. Схема измерений (а) и результаты опыта (б) по определению поля гидродинамических давлений в районе щелевого отверстия (⊙ — точки, в которых проводились измерения); 1 и 3 — при $Q \neq 0$ и $Q = 0$ соответственно; 2 — расчет по формуле (5)

Таблица 2

Экспериментальные коэффициенты в формуле (6) для коэффициента корпусной силы Δc_x

Вариант	Характеристика макета				Скорость V_0 , м/с	Расход Q , л/с	Напор H , м вод.ст	Безразмерные коэффициенты**						
	ϕ , град	S_{02} , м ²	h_k , мм	Ω_{02} *, см ²				m	$c_q \cdot 10^3$	$c_x \cdot 10^3$	η_0	η	k	A
1	13	3,75	40	156	6,23	104,5	2,4	1,075	4,5	2,85	0,795	0,675	0,79	0,7
2	13,5	4,4	16	63,5	6,15	55,2	4,1	1,42	2,04	2,84	1,0	0,85	0,725	1,0
3	13,5	4,25	20	63,5	6,25	52,3	4,8	1,32	2,06	2,43	0,9	0,76	0,73	1,75
4	13,5	3,75	16	63,5	6,13	55,1	4,16	1,23	2,2	2,2	1,02	0,865	0,73	1,5
5	16	3,75	16	44,3	5,5	35,4	3,4	1,45	1,72	2,5	1,15	0,98	0,72	2,0

* Ω_c — площадь реактивного сопла.
 ** $\eta = \eta_0 \eta_n$; $m = Q/V_0 \Omega_c$.

Сопротивление движению судна R_x с ВД будет отличаться от буксировочного R_0 на величину ΔP_k .

Как отмечалось выше, зависимость (5) дает заниженные значения корпусной силы. Поэтому вместо (5) запишем:

$$\Delta c_x = 0,638 A c_{q, \text{тгф}} \left[\ln \bar{x}_c - \frac{\text{тгф}}{r_0} \left(x_c - \frac{\delta_{\text{ш}}}{2} \right) \right], \quad (6)$$

где A — поправочный коэффициент, зависящий от геометрической формы входного участка водовода.

Испытания проводились для пяти вариантов геометрических форм входных участков водоводов и кормовых оконечностей полномасштабных макетов с ВД (рис. 5).

Все измерения выполнялись в равновесных режимах движения объекта. Для получения различных режимов по расходу Q применялись сменные реактивные сопла. Результаты измерений обрабатывались по зависимостям (3), (4) и (6) при вычисленных значениях коэффициентов k и КПД системы ($\rho c_x V_0^3 S_0 / 2 N_B$). При этом равновесный режим движения системы «модель—буксировочная тележка», по показаниям динамометра, считается таким, когда сила упора движителя равна силе сопротивления движению объекта. Такой режим определялся по совместным показаниям скорости движения модели и динамометра. Это достигалось двумя способами: изменялась скорость при постоянном упоре либо при постоянной скорости изменялся в определенных пределах упор движителя. Динамометр реагировал на изменение скорости или упора от заданного значения в пределах ($\pm 2 \dots \pm 5$)%. Поэтому данная величина и определяла погрешность измерения необходимых параметров на равновесном режиме движения. Динамометр, использовавшийся в опытах, имел метрологическую аттестацию и был спроекти-

рован таким образом, чтобы избежать во время работы резонансных режимов.

Наиболее характерные измеренные и обработанные параметры приведены в табл. 2.

Как следует из данных эксперимента, форма входного участка водовода существенно влияет на значение корпусной силы. Вариант 3 входа с камерой внезапного расширения наиболее эффективен по величине корпусной силы, однако характеризуется наибольшими гидравлическими потерями на входе.

Предпочтительнее по пропульсивным показателям вариант 4, у которого пропульсивный коэффициент достигает значения $\eta_0 = 0,87$ при КПД осевого насоса $\eta_n = 0,85$.

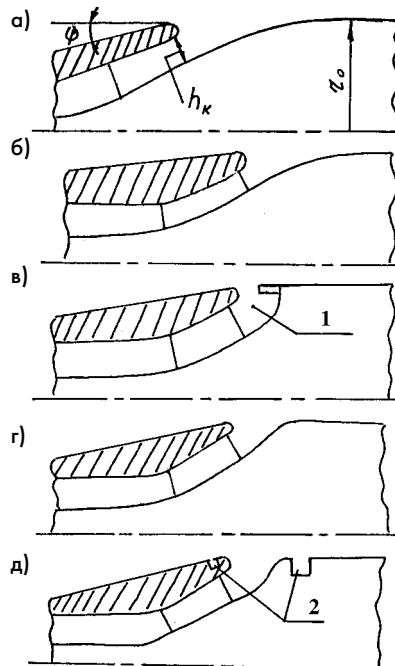


Рис. 5. Варианты геометрической формы входных участков каналов водоводов: а — $h_k/r_0 = 1/5$; б — $h_k/r_0 = 1/12,5$; в — $h_k/r_0 = 1/10$; г и д — $h_k/r_0 = 1/12,6$; 1 — камера расширения; 2 — вихрегенератор

Вариант 5 отличается от варианта 4 тем, что у него сделана в качестве вихрегенератора кольцевая проточка в корпусе перед входом в водовод и такая же на кормовой насадке. Использование первого вихрегенератора позволяет повернуть поток в водовод с уменьшением размеров вихря в канале и тем самым уменьшить потери энергии в водоводе на 20—25%. Кроме того, вихрегенератор на насадке способствует безотрывному обтеканию внешним потоком кормовой оконечности корпуса. За счет этого угол конусности ϕ может быть увеличен до 16...18%.

Вариант 5 с вихрегенераторами можно рекомендовать для судов малого водоизмещения, у которых осуществить это мероприятие технологически проще. Эффективность системы с вихрегенераторами проверена до числа Рейнольдса, не превышающих $5 \cdot 10^7$. Для определения их эффективности с дальнейшим ростом числа Re требуются дополнительные исследования.

Заключение. Рациональное размещение входа в водовод и распределенный отбор рабочей жидкости из пограничного слоя к движителю позволяет существенно повысить энергетическую эффективность судов и подводных объектов с водометными движителями и обеспечить конкурентоспособность водометов по отношению к любым современным типам движителей.

Литература

1. Васильев В. Ф., Мамедов Э. Д. Водометные движители // Судостроение. 1996. № 11—12.
2. Миллер Д. Водомет помогает подводной лодке быть бесшумной // International defense review. 1995. N 28.
3. Пашин В. М., Турбал Б. К. Пути повышения пропульсивных качеств судов // Судостроение. 1986. № 10.
4. Степанов А. М., Федоров А. Л. Определение параметров водометного движителя при распределенном отборе жидкости из пограничного слоя // Изв. РАН. Энергетика. 1994. № 5.
5. Золотов С. С., Фаддеев Ю. И., Амфилохив В. Б. Задачник по гидромеханике для судостроителей. Л.: Судостроение, 1984.
6. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. Физматлит, 1969.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПРОЕКТИРОВАНИЯ СУДОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Ю. Н. Киреев (СПбГМТУ), А. Ю. Карандашов, А. В. Юрин
(ЦКБ МТ «Рубин»)

УДК 681.322:621.316.001.63:629.5

Проектирование современных и перспективных судовых сетей распределения электроэнергии — сложный, трудоемкий и дорогостоящий процесс. В настоящее время наблюдается значительное отставание традиционных методов проектирования, регламентированных устаревшими отраслевыми нормативно-техническими документами, от потребностей создателей новой морской техники. Широкие возможности для преодоления этого отставания и создания оптимальных, сбалансированных проектов, а также освобождения от рутинных расчетных работ открывает использование интеллектуальных компьютерных технологий — системы автоматизированного проектирования судовых силовых сетей распределения электроэнергии (САПР-С). Внедрение САПР-С в практику проектирования представляет собой очередной этап создания компьютерных технологий проектирования судовых и корабельных электроэнергетических систем (ЭЭС).

Сети распределения, в отличие от схем главного тока, до главного распределительного щита являются значительно более разветвленными, используют широкий спектр номенклатуры электрооборудования и требуют гораздо большего количества расчетов для определения параметров выбираемых элементов (выключателей, кабелей и др.), выбора конфигураций и элементов распределительных устройств. Поэтому сети распределения представляют собой наиболее целесообразный объект автоматизации при проектировании. В основе существующих методов автоматизации лежат оптимизирующие алгоритмы сбора, передачи, анализа и интерпретации данных, электротехнических расчетов, формирования структуры распределительной сети, выбора и размещения электрооборудования.

Из блок-схемы функционирования САПР-С, представленной на рис. 1, видно, что на первом этапе — этапе анализа и синтеза потребителей — происходит формирование данных обо всех потребителях ЭЭС. Разработанная авторами система управления базой данных (БД) позволяет представить эти данные в электронном виде в стандартном формате БД. Система дает возможность располагать данные в выбранном порядке (т. е. сортировать по различным параметрам, таким как мощность, борт, район, помещение установки потребителей и т. д.) и определять

количественные показатели массива потребителей (общее количество потребителей, доля потребителей с одно- или двубортным питанием от общего числа потребителей, в том числе в каждом помещении объекта и др.). Разработанная структура БД потребителей учитывает более 40 параметров и может как унифицированный шаблон использоваться для обработки и анализа исходных данных ЭЭС судов любого типа.

На втором этапе функционирования автоматизированной системы выполняются расчет и выбор конкретной коммутационно-защитной аппаратуры (КЗА), осуществляющей коммутацию и защиту потребителей электроэнергии. Номинальный и пусковой токи, протекающие через фидеры потребителей электроэнергии, определяются по известным соотношениям [1]. В САПР-С реализован алгоритм автоматизированного выбора КЗА по рассчитанным значениям токов.

Следующий этап автоматизированного проектирования — компоновка КЗА в электрораспределительных устройствах (ЭРУ) и размещение последних в объекте.

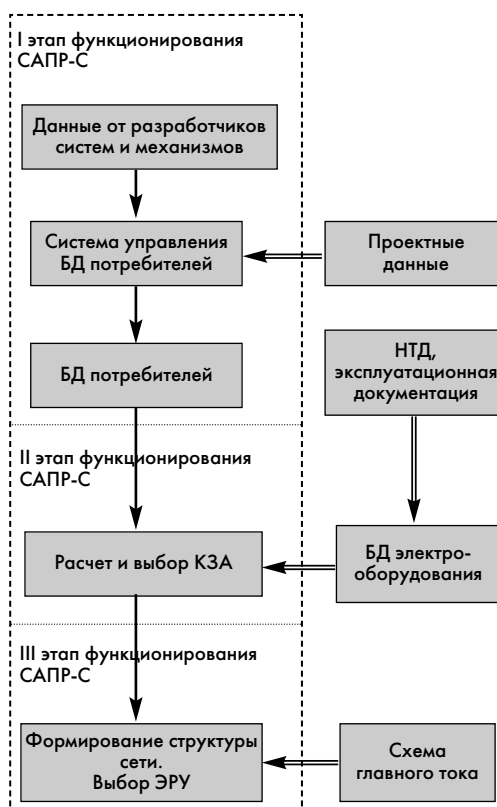


Рис. 1. Блок-схема САПР-С

Таблица 1

Сводная информация о потребителях электроэнергии

Потребители	Помещение	Резервирование питания	Количество, ед.	Суммарная мощность, кВт
Группа 1. Электромеханизмы ЭЭС общесудовые системы и устройства	1	1Б	5	15
	2	2Б	10	90
	3	2Б	5	5
	4	2Б	8	80
Группа 2. Средства обеспечения кондиционирования, бытовые приборы и т. д.	1	1Б	4	40
	2	2Б	5	15
	3	1Б	10	70
	4	2Б	5	25
Группа 3. Средства РЭА и спецпотребители	1	1Б	10	110
	2	2Б	5	50
	3	1Б	5	25
	4	2Б	10	85

Примечание. 1. Потребители, требующие двубортного питания, имеют признак «2Б», однобортного — «1Б». 2. В таблице не показан движительный комплекс (мощность порядка 100 кВт, соизмеримая с мощностью целой группы механизмов), требующий двубортного питания от электростанций разных бортов.

Важнейшим требованием, предъявляемым к морской технике, является минимизация массогабаритных характеристик электрооборудования. Для каждого типа выключателей разработаны и изготавливаются стандартные конструкции распределительных щитов. Исходя из предпочтительного использования оборудования отечественного производства морского исполнения, в качестве возможных ЭРУ автоматизированная система обращается к БД стандартных унифицированных распределительных щитов [2, 3]. В данной статье предлагается автоматизированный метод решения задачи определения количества, типа и рационального размещения щитов в помещениях и их насыщения автоматическими выключателями. Метод отличается от известных и применяемых учетом специфики требований к массогабаритным характеристикам всей системы распределения электроэнергии.

По номенклатуре выбранных КЗА прежде всего определяется минимально требуемое количество коммутационных аппаратов N :

$$N = N_1 + N_2,$$

где N_1 и N_2 — количество потребителей, требующих однобортного и двубортного электропитания соответственно.

Полученное количество выключателей N увеличивается пропор-

ционально коэффициенту запаса, учитывающему возможное увеличение потребностей в выключателях на различных стадиях проектирования, а также в период эксплуатации при возможных в будущем модернизациях объекта. Таким образом выбирается рациональное количество резервных автоматических выключателей в схеме силовой электроэнергетической сети [4].

На следующем этапе для каждой зоны установки электрооборудования определяются (задаются) ее предельные габариты. Для крупных судов лимитирующим показателем является площадь устанавливаемого оборудования. Для объектов малого водоизмещения ограничения накладываются и на объем элементов распределительной сети. Для каждого места установки можно описать максимальную область G_i , ограничивающую размеры электрооборудования:

$$G_i = L_i^{\max} \cdot B_i^{\max} \cdot H_i^{\max},$$

где L_i^{\max} , B_i^{\max} , H_i^{\max} — соответственно предельные длина, ширина и высота области G_i .

Каждая область имеет свои координаты. Ее геометрический центр имеет координаты X_i , Y_i , Z_i , которые определяют местонахождение каждого j -го потребителя P_j .

Первым критерием структуры распределительной сети, формируемой САПР-С, выбрана суммарная

длина кабеля L_{Σ} , а условием оптимальной структуры является минимизация этой длины. Для достижения этого условия необходимо стремиться к уменьшению длины каждого участка сети от j -го потребителя до питающего его i -го ЭРУ. Суммарная длина L_{Σ} определяется следующим образом:

$$L_{\Sigma}^{\min} = \min(\sum |X_i - X_j| + \sum |Y_i - Y_j| + \sum |Z_i - Z_j|).$$

Каждый резервный фидер обеспечивается электропитанием по тому же условию, но с ограничением, учитывающим обязательное размещение соответствующего ЭРУ на противоположном борту по отношению к основному:

$$|Y_{\text{осн}} - Y_{\text{рез}}| < 0,$$

где $Y_{\text{осн}}$ и $Y_{\text{рез}}$ — координаты размещения каждого ЭРУ, обеспечивающего основное и резервное питание потребителя.

Как видно из этого условия, для его выполнения всегда необходимо, чтобы координаты по оси Y основного и резервного электрооборудования были противоположных знаков, что характеризует их принадлежность к правому или левому борту.

Анализ массогабаритных характеристик типовых ЭРУ, типов и количества встроенных в них КЗА, токовых характеристик позволяет сделать вывод, что подключение каждого потребителя к клеммам автоматического выключателя требует примерно равных для каждого типа выключателя (а значит, и диапазона мощностей потребителей) затрат пространства G_i в ЭРУ. Для количественной оценки затрат введем коэффициент заполнения K_V , который характеризует относительные затраты пространства для обеспечения электропитанием потребителей: $K_V = I_{\text{ном}}/V$.

Как показали исследования, для отечественных ЭРУ, в которых установлены КЗА с номинальными токами до 50 А, значения K_V колеблются в пределах 4–7 А/дм³, с токами до 630 А — в пределах 2–3 А/дм³. Построенная по изложенному принципу САПР-С выбирает распределительные щиты, позволяющие в минимальном объеме разместить максимальное количество КЗА с

наибольшими номинальными токами, т. е. по условию нахождения максимального из возможных K_V .

Следующим условием оптимизации структуры сети является равномерное относительное заполнение областей размещения электрооборудования. Для оценки полноты заполнения выделенного пространства определяется относительный объем электрооборудования $V_{отн}$, т. е. суммарный объем размещенных ЭРУ, приведенный к максимальному объему каждой области:

$$V_{отн} = \Sigma V_{ЭРУ} / V_G,$$

где $\Sigma V_{ЭРУ}$ — суммарный объем размещенных ЭРУ; V_G — максимальный объем области G .

Для тех областей, где $V_{отн} > 1$, наблюдается недостаток места для установки электрооборудования, при $V_{отн} < 1$ — избыток. На данном этапе оптимизации происходит выравнивание заполнения выделенных областей, т. е. перераспределение связей потребитель — ЭРУ по принципу равенства всех $V_{отн}$. Для этого из схемы распределения электроэнергии исключаются кабельные связи потребителей, получающих питание из областей с $V_{отн} > 1$. Прежде всего удаляются следующие потребители: менее ответственные, т. е. потребители III группы ответственности или потребители отключаемой нагрузки; наиболее удаленные от соответствующей области G ; имеющие наибольшую мощность.

Для питания этих потребителей используют другие ЭРУ, находящиеся в областях, отвечающих условию $V_{отн} < 1$. Перевод питания осуществляется в области, удовлетворяющие условию наибольшей близости и незаполненности. Такая перестройка схемы происходит до тех пор, пока все коэффициенты заполнения областей установки электрооборудования не достигнут некоторой заданной проектантом величины. Таким образом происходит перераспределение питания потребителей, обеспечивающее формирование сети по следующим критериям оптимизации: минимизация массогабаритных характеристик электрооборудования; относительно равномерное заполнение выделенного пространства объекта; минимизация длин кабельных связей.

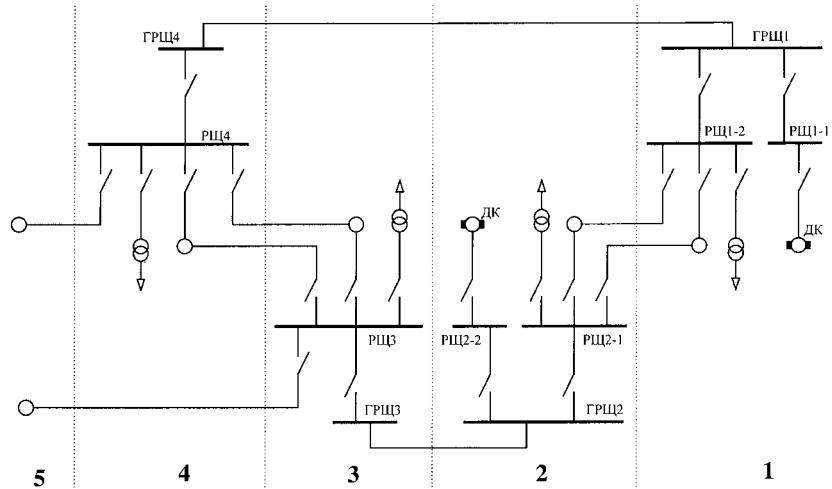


Рис. 2. Схема сети распределения первого уровня в пространстве объекта: 1—5 — номера помещений; РЩ — распределительный щит; ГРЩ — главный распределительный щит; ДК — двигательный комплекс

В качестве примера, характеризующего описанные методы автоматизированного проектирования, можно рассмотреть проект морского автономного объекта. В сеть распределения ЭЭС электроэнергия поступает от двух электростанций, четырех ГРЩ, входящих в состав схемы главного тока. Род тока — постоянный. Потребители располагаются в пяти смежных помещениях.

Первой задачей проектанта является представление в требуемой форме информации о потребителях электроэнергии. Основные результаты формирования БД потребителей электроэнергии автоматизированной системы представлены в табл. 1.

Важнейшим требованием к ряду проектов является необходимость использования отечественного элек-

трооборудования морского исполнения. Традиционно в практике судостроения наиболее часто применяются КЗА следующих типов: автоматические выключатели типа АК50Б серий А3700 и ВА. Эти аппараты способны охватить весь диапазон используемых в судовых распределительных сетях потребителей. В рассматриваемом случае рассчитанное по формуле количество выключателей N увеличено на величину запаса 10%, что на практике чаще всего осуществляется на стадии рабочего проектирования ЭЭС.

Сформированный в результате работы САПР-С один из вариантов сети распределения укрупненно приведен на рис. 2. Конкретные типы ЭРУ, обозначенные на схеме, их количество, габаритные размеры даны в табл. 2.

Состав ЭРУ сети распределения

Элементы сети		КЗА		Габариты РЩ		
Обозначение	Тип	Количество, ед.	Тип	Количество, ед.	L x B x H, мм	V, м ³
РЩ1-2	ЩАП-100	1	А3790	1	400x400x850	0,136
РЩ1-1	ЩАП-10	4	АК50Б	40	4x(530x203x450)	0,192
	ЩАП-83	1	А3770	12	1000x400x1450	0,580
	ЩАП-34	1	А3770	2	600x400x1000	0,240
		1	А3721	1		
РЩ2-1	ЩАП-10	4	АК50Б	40	4x(530x203x450)	0,192
	ЩАП-83	1	А3770	12	1000x400x1450	0,580
РЩ2-2	ЩАП-101	1	А3790	2	650x400x850	0,221
РЩ3	ЩАП-10	4	АК50Б	40	4x(530x203x450)	0,192
	ЩАП-83	1	А3770	12	1000x400x1450	0,580
	ЩАП-34	1	А3770	2	600x400x1000	0,240
		1	А3721	1		
РЩ4	ЩАП-10	4	АК50Б	40	4x(530x203x450)	0,192
	ЩАП-83	1	А3770	12	1000x400x1450	0,580
	ЩАП-100	1	А3790	1	400x400x850	0,136
Итого						4,061

Потребители показаны схематично, на схеме они объединены в группы по признаку питания от одного ЭРУ. Полученная структура сети, номенклатура ее основных элементов является лишь одним из возможных вариантов. Вариации расчетных коэффициентов, параметров запасов и погрешностей, задаваемых пользователем САПР-С, выбор в качестве рабочих тех или иных БД электрооборудования и другие изменения приводят к формированию автоматизированной системой различных по структуре и составу распределительных сетей.

Анализ конкретной сети показывает следующее. Схема сети распределения электроэнергии выполнена с использованием только отечественного электрооборудования. Видно, что питание движительного комплекса выделено на отдельное ЭРУ. Это вызвано тем, что он потребляет мощность, соизмеримую с мощностью целой группы потребителей и требует индивидуального обес-

печения питанием, не зависящего от остальных потребителей. Электрооборудование выбиралось в соответствии с принципом минимизации занимаемого пространства объекта. Суммарный объем распределительных щитов — 4 м³ (см. табл. 2). Для аналогичного класса объектов эта величина составляет 5,5—7 м³. Таким образом, сформированная сеть имеет габариты на 30—50% меньше, чем аналоги. Это говорит об актуальности внедрения САПР-С в практику проектирования судовых силовых сетей распределения электроэнергии.

Заключение. Разработаны оптимизирующие алгоритмы автоматического проектирования судовых силовых сетей распределения электроэнергии. Использование интеллектуальных компьютерных технологий позволило объединить отдельные алгоритмы в единую САПР-С и осуществить автоматизированное проектирование распределительной сети конкретного перспективного морско-

го автономного объекта. Для примера сформирован оптимальный вариант структуры сети, выбрано и размещено электрооборудование. Анализ массогабаритных характеристик элементов спроектированной схемы показывает ее конкурентоспособность по сравнению с существующими аналогами. Приведенные алгоритмы и их компьютерная реализация могут быть использованы в конструкторских бюро, проектирующих современную морскую технику.

Литература

1. ОСТ5.6151—79. Судовые электроэнергетические системы. Правила выбора и методы расчета защиты.
2. ОСТ5P.6004—77. Электрооборудование судовое. Щиты с автоматическими выключателями до 50 А. Технические условия.
3. ОСТ5.6153—80. Электрооборудование судовое. Щиты с автоматическими выключателями на силу тока до 630 А. Технические условия.
4. Киреев Ю. Н. и др. Выбор рационального количества резервных автоматических выключателей в схеме судовой силовой электроэнергетической сети// Вопросы судостроения. Научно-технический сборник. Сер. Судовая электротехника и связь. 1980. Вып. 27.
5. ТУ 16-536.542—76. Коробки распределительные серии МК.

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СУДОВЫХ КАБЕЛЕЙ В ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ УСЛОВИЯХ

Ю. С. Висленев, канд. техн. наук (ЦНИИ СЭТ), С. Е. Кузнецов, докт. техн. наук, Л. А. Лемин, канд. техн. наук (ГМА им. адмирала С. О. Макарова)

УДК 621.315.2:629.5

Техническое состояние (ТС) судовых кабелей (СК) обычно определяется на основе анализа судовой документации, опроса обслуживающего персонала, осмотра кабельных трасс, результатов измерений, расчета остаточного ресурса и испытаний (рис. 1).

Формирование исходных данных (А₁) заключается в учете технических характеристик кабеля (назначение, тип, сечение, срок монтажа и номинальный срок службы) и эксплуатационных данных (сведения о режимах работы, сопротивлении изоляции, отказах, ремонтах, воздействиях воды, нефтепродуктов, солнечной радиации, тока короткого замыкания), полученных из судовой документации и путем опроса обслуживающего персонала.

Перечень кабелей (А₂), подлежащих диагностированию, и перечень операций по оценке ТС кабелей и комплекса показателей для оцен-

ки ТС составляются на основе исходных данных А₁. При этом следует руководствоваться тем, что вероятность появления отказов в сетях СК уменьшается в следующем порядке:

по причине появления отказа — механические воздействия (удары, изгибы, скручивание), агрессивные среды (масло, топливо), температурные воздействия, повышенная влажность, длительный срок эксплуатации, вибрация, загрязнение токопроводящей пылью;

по районам судна — на открытых палубах; в машинных, котельных и помещениях электрооборудования; в банях, душевых, прачечных; в помещениях, где оборудование должно работать под водой; трюмах и кладовых, умывальных, камбузах;

по длине кабеля — в районе ввода кабеля в сальниковое уплотнение; в месте разделки кабеля; на изгибах кабельной трассы; в трубах и

желобах; в местах крепления кабельной трассы;

по видам отказов — замыкание на корпус, замыкание жил, обрыв кабеля, обгорание концов.

Перечень кабелей, подлежащих диагностированию (все кабеля или часть, определяемая с учетом категории ответственности соответствующего приемника электроэнергии), и перечень операций по оценке ТС кабелей (измерение показателей ТС, наружный осмотр, осмотр с разборкой, расчет остаточного ресурса, лабораторные испытания) могут быть изменены в процессе оценки ТС в зависимости от информации, получаемой в ходе диагностирования СК.

Измерение параметров ТС судовых кабелей (А₃) должно при очередном и ежегодном освидетельствовании включать в себя измерение сопротивления СК [1]. Сопротивление изоляции измеряют: между соединенными вместе проводящими жилами кабеля и корпусом судна; между токопроводящими жилами; между проводящими жилами и экраном (если таковой имеется). Значение сопротивления изоляции кабеля должно быть не менее величины, установленной Правилами Российской Морского Регистра Судостроения.

Следует отметить, что на основании измерения активной состав-

ляющей сопротивления изоляции невозможно получить полную информацию о ТС изоляции кабеля. Связь характерных дефектов изоляции с ее параметрами показана в таблице.

При оценке ТС и поиске неисправности кабелей может быть выбран комплекс параметров, которые можно контролировать в судовых условиях без существенных затрат и приемлемыми техническими средствами: R , K_1 , $R_{рас}$ (для достаточно длинных кабелей); $T_{об}$ — температура на поверхности оболочки кабеля; I — ток нагрузки кабеля; $t_{пер}$ — продолжительность перегрузки по току.

Для оценки состояния и определения неисправности кабелей в эксплуатационных условиях используются штатные судовые щитовые и переносные измерительные приборы.

Анализ технико-эксплуатационных характеристик переносных приборов и испытание некоторых из них показали, что в настоящее время наиболее приемлемыми для выполнения измерений в судовых условиях являются:

безындуктивные мегаомметры, например, типа БМ1М, БМ2 и Е6-16 (позволяют выполнять измерения одному человеку);

импульсные рефлекторы типа Р5 (компактные; позволяют непосредственно по шкале определять вид и место неисправности — короткое замыкание или обрыв; измерять длину кабеля; не требуют доступа к месту неисправности в процессе поиска);

индуктивный прибор типа «Поиск-И» (в отличие от Р5 определяет места неисправности и пробоя изоляции на корпус путем перемещения датчика вдоль кабеля, но имеет меньшую помехозащищенность и требует определенного навыка в использовании);

устройство диагностики изоляции электрооборудования «ДИПСЭЛ» для автоматизированного измерения сопротивления изоляции, определения причины ее неисправности (старение, механическое повреждение, увлажнение или короткое замыкание) и восстановления сопротивления изоляции кабелей путем электростатического удаления влаги из изоляции.

Объем осмотра (A_4) с разборкой (0) или только наружный без нее (С) определяется в зависимости от цели оценки ТС.

Параметры	Дефекты						
	Старение		Увлажнение		Пробой	Поверхностное загрязнение	Воздушные включения
	естественное	термическое	объемное	поверхностное			
Сопротивление изоляции постоянному току R	3	—	1	3	1	3	—
Емкость изоляции относительно корпуса судна C	3	2	1	2	3	2	3
Отношение значений емкостей изоляции, измеренных при различных значениях частоты C_{f1}/C_{f2}	3	—	1	—	3	2	3
Тангенс угла диэлектрических потерь $tg\delta$	1	3	2	2	3	2	1
Отношение значений тангенсов угла диэлектрических потерь, измеренных при различных значениях частоты тока $tg\delta_{f1}/tg\delta_{f2}$	1	2	2	—	3	—	1
Коэффициент абсорбции K_a	1	—	1	2	1	2	—
Коэффициент изменения сопротивления изоляции K_1 (отношение сопротивлений изоляции, измеренных при обратной и прямой полярности включения мегаомметра)	2	—	1	3	—	—	—
Приведенное расчетное сопротивление изоляции $R_{рас}$	—	—	2	—	—	—	—

Примечание. Цифрами обозначена степень изменения параметра при соответствующем дефекте: 1 — существенное изменение; 2 — незначительное изменение; 3 — изменение только при определенной разновидности дефекта; знак «—» показывает отсутствие изменения.

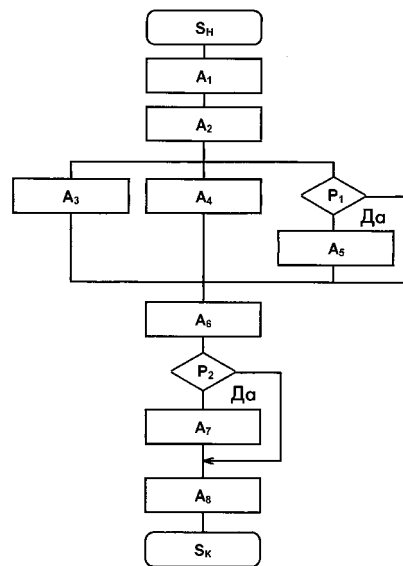


Рис. 1. Алгоритм оценки технического состояния судового кабеля:

S_n — начало процедуры оценки ТС; A_1 — формирование исходных данных; A_2 — определение перечня кабелей, операций и комплекса показателей для оценки ТС; A_3 — измерение сопротивления изоляции и других необходимых показателей; A_4 — осмотр; A_5 — расчет остаточного ресурса; A_6 — оценка результатов измерений, осмотра и расчета остаточного ресурса; A_7 — испытание образцов кабеля; A_8 — заключение о ТС кабеля; P_1 — определение необходимости расчета остаточного ресурса; P_2 — определение необходимости испытаний; S_k — конец процедуры оценки ТС

При наружном осмотре в доступных местах выявляются дефекты наружных оболочек (оплеток) — вздутия, трещины, вмятины, разрывы, изменение цвета и т. п. Особое внимание следует обращать на кабели сильноточного электрооборудования, сетей освещения, нагревательных устройств, а также на места, где наиболее часто возникают отказы.

При осмотре с разборкой выявляются дефекты на защищенных кожухами или другими элементами конструкции участках кабелей и кабельных трасс, что позволяет оценить в том числе и ТС изоляции жил кабеля в местах его разделки путем обнаружения трещин, изменения цвета изоляции, потери эластичности.

В результате осмотра делается заключение об отсутствии или наличии дефектов с их регистрацией в виде соответствующего перечня с указанием номера кабеля, помещения, участка кабеля и вида дефекта.

На основании анализа измеряемых параметров и определяемых при осмотрах признаков и сравнения их с нормированными (индекс «норм»), допустимыми (индексы «доп» и «пр. доп») или заданными значениями (индекс «зд»), а также со значениями в предшествующий период (с целью учета характера изменения) техническое состояние СК может быть оценено следующим образом [2]:

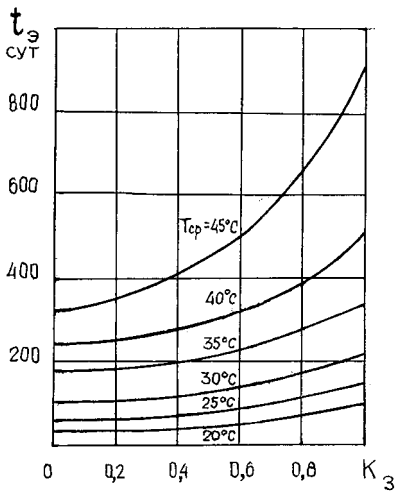


Рис. 2. Зависимость остаточного ресурса t_3 от коэффициента загрузки кабеля K_3 при различных температурах окружающей среды T_{cp}

хорошее, если все значения учитываемых параметров [$R \geq R_{норм}$; $T_{об} < T_{доп}$; $I < I_{ном}$ (или $I_{зд}$)] и признаков оцениваются как хорошие, а повреждения отсутствуют;

удовлетворительное, если значение хотя бы одного из параметров $R_{пр.доп} \leq R < R_{норм}$ или $T_{об} = T_{доп}$ или $I > I_{ном}$ (или $I_{зд}$) при $t_{пер} < t_{пер.доп}$ и признаков оценено как удовлетворительное либо имеется незначительное повреждение кабеля;

неудовлетворительное, если значение хотя бы одного из параметров ($R < R_{пр.доп}$ или $T_{об} > T_{доп}$ или $I > I_{доп}$ при $t_{пер} > t_{пер.доп}$) либо признаков оценено как неудовлетворительное или имеются существенные повреждения кабеля.

Остаточный ресурс (A_5) рассчитывается, если ресурс СК может израсходоваться раньше следующей процедуры оценки ТС кабеля (освидетельствования).

Расчет остаточного ресурса СК может быть выполнен по процедуре, приведенной в ГОСТ 7866.1-76 «Кабели судовые с резиновой изоля-

цией в резиновой или свинцовой оболочке». Однако при этом не учитывается загрузка кабеля и фактическая температура окружающей среды. Учесть эти факторы можно для кабеля с резиновой изоляцией и резиновой оболочкой с помощью кривых (рис. 2) $t_3 = f(K_3, T_{cp})$ и данных, характеризующих режим эксплуатации кабеля, к которым относятся: $K_3 = I_p / I_{ном}$ — коэффициент загрузки кабеля; I_p — рабочий ток кабеля, А; T_{cp} — температура окружающей среды, °С; t_p — продолжительность работы в течение года эксплуатации, сут; $t_0 = 365 - t_p$ — продолжительность эксплуатации с $K_3 = 0$; N — продолжительность работы кабеля с момента монтажа, лет; $t_{ном}$ — номинальный срок службы кабеля, лет.

Расчет выполняется в следующем порядке (см. рис. 2).

1. Расход ресурса за год эксплуатации t_3' (сут) по известным значениям K_3 и T_{cp} :

$$t_3' = t_3(K_3, T_{cp}) t_p / 365.$$

2. Расход ресурса за год эксплуатации в течение времени, когда кабель не работал, t_3'' (сут) при $K_3 = 0$ и T_{cp} :

$$t_3'' = t_3(K_3 = 0; T_{cp}) (365 - t_p) / 365.$$

3. Расход ресурса кабеля за время эксплуатации на судне N (лет):

$$t_3 = 2,74 \cdot 10^{-3} (t_3' + t_3'') N.$$

4. Остаточный ресурс кабеля t_p (лет):

$$t_p = t_{ном} - t_3.$$

Результаты измерений, осмотра и расчета остаточного ресурса (A_6) позволяют установить наличие

неисправности СК и необходимость испытаний образцов кабеля (A_7).

Если расчетный остаточный ресурс кабеля больше времени до следующего освидетельствования и опыт эксплуатации не дает оснований полагать, что ресурс СК израсходован, то нет необходимости в лабораторных испытаниях образцов кабеля (A_7).

В других случаях возможность дальнейшей эксплуатации СК определяется с учетом результатов измерений, осмотра, анализа эксплуатации и испытаний отдельных образцов кабелей. Рекомендуется проводить испытания (A_7) в следующих случаях: остаточный ресурс мал; в процессе эксплуатации кабель подвергался действию нефтепродуктов, токов короткого замыкания, высоких температур и другим воздействиям, превышающим установленные нормы; в результате осмотра кабеля выявлены дефекты, позволяющие ставить вопрос об израсходовании его ресурса на каком-либо участке.

В общем случае при испытаниях определяются электрические и механические характеристики изоляции и оболочки кабеля, численные значения которых позволяют сделать заключение об остаточном ресурсе кабеля.

Окончательное заключение о состоянии кабеля (A_8) принимают с учетом опыта эксплуатации, результатов измерений, осмотра и, при необходимости, расчета остаточного ресурса и испытаний.

Литература

1. Кузнецов С. Е., Филёв В. С. Основы технической эксплуатации судового электрооборудования и автоматики. СПб.: Судостроение, 1995.
2. Комплексная система технического обслуживания и ремонта судов. Л.: ЦНИИМФ, 1988.

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 подписной талон с копией платежного поручения или почтового перевода.

Стоимость одного номера с учетом почтовых расходов 55 руб. Всего в 2000 г. будет выпущено 6 номеров.

РЕКВИЗИТЫ ДЛЯ ОПЛАТЫ:

Получатель — ЦНИИТС (198095, Санкт-Петербург, ул. Промышленная, дом 7. Тел. 812-1862650) — 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@mnkiga.msk.su.

РАСШИРЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СРЕДСТВ ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ КОРАБЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО КОНТРОЛЯ

Е. А. Бубнов, канд. техн. наук (ВМИИ)

УДК 681.52'183:629.5.03

В условиях повышения степени автоматизации корабельных энергетических установок (ЭУ) вопросы обеспечения оператора полной и достоверной оперативной информацией занимают одно из ключевых мест.

Критерием способности любого средства отображения информации обеспечить полноту и качество ее представления является информационная емкость — максималь-

ное количество информации (в битах), которое может быть на нем отображено [1].

На современных судах широко применяются системы централизованного контроля типа «Ротор», построенные на базе информационно-цифрового комплекса ИЦК-А1. В качестве основных средств отображения текущей параметрической информации в них используются цифровые информационные табло (ИТ). Система следит за состоянием технологических параметров всех имеющихся на судне технических средств и групп механизмов: главной ЭУ, общекорабельных (ОКС) и электроэнергетических систем (ЭЭС). На пульте управления (ПУ) каждой из указанных систем установлено по одной паре ИТ со своим блоком управления (БУИТ), за исключением пульта главной ЭУ, где имеются две пары табло — для контроля за параметрами паропроизводящей (ППУ) и, отдельно, паротурбинной (ПТУ) установки судна.

На каждые из двух пар табло, установленных на ПУ энергетической установки, оператор имеет возможность вызывать два параметра одновременно: только ППУ или на другую пару — только ПТУ.

Однако в режимах ввода—вывода ЭУ, аварийных, предаварийных и переходных режимах оператор вынужден контролировать большее количество параметров одновременно, последовательно вызывая их на ИТ. В аварийной ситуации средней степени сложности оператор одновременно контролирует до десяти параметров, часть из которых запрашивает с других ПУ или из отсеков. Естественно, что дополнительные операции по вызову этих параметров и необходимость запоминать их промежуточные значения отвлекают оператора от управления, повышают его утомляемость, снижают эффективность работы. Кроме того, существующая организация вызова информации на ИТ не позволяет, например, старшему механику проконтролировать параметры ЭУ с пульта управления общекорабельными системами, находящегося в главном посту судна, в случае необходимости принятия единственно правильного решения по использованию ЭУ в аварийной обстановке, а также использовать в качестве резерва ИТ другого, рядом стоящего ПУ при выходе из строя одного из табло.

Наилучшим вариантом представляется такой, при котором с любого ПУ можно бы-

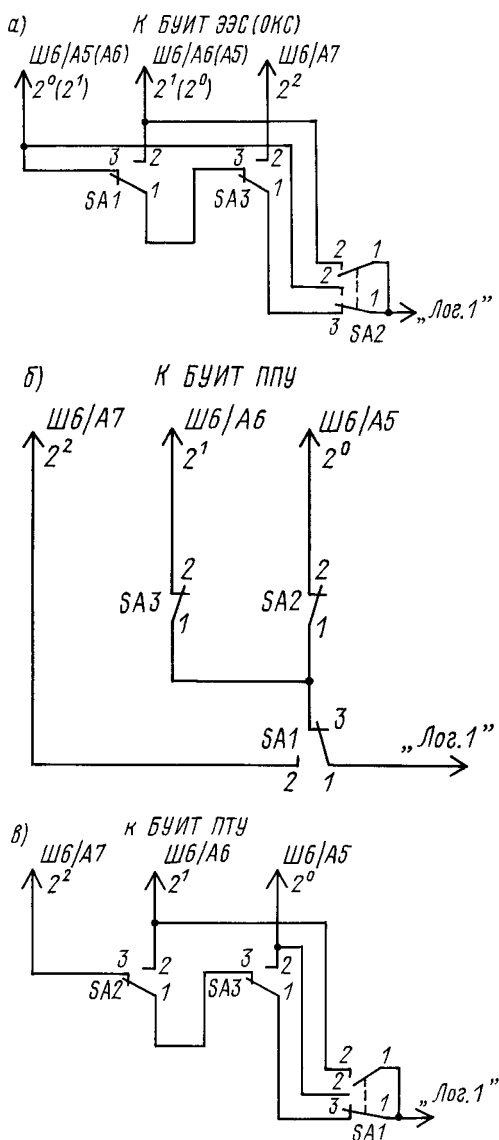


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема шифратора на переключателях:
а — для БУИТ ЭЭС (ОКС); б — для БУИТ ПТУ;
в — для БУИТ ППУ; 1—3 — переключающий, нормально-разомкнутый и нормально-замкнутый контакты соответственно

ло бы контролировать полный набор параметров, обрабатываемых системой. Принципиально возможны два способа решения этой задачи: во-первых, заменой информационных табло новыми, более совершенными средствами отображения информации, во-вторых, модернизацией существующих ИТ или их блоков управления. И первый и второй способы направлены в первую очередь на увеличение информационной емкости ИТ.

Первый вариант, связанный с подключением персональной ЭВМ к системе централизованного контроля [2], несомненно более перспективен, однако его реализация требует существенных материальных затрат. Информационная емкость ИТ (ЭУ, например) в штатном варианте включения составляет 24 бита (рассчитано по методике, приведенной в [1]), дисплея персональной ЭВМ, работающего в текстовом режиме, — более 14 кбит.

Второй способ решения предлагается реализовать на действующих судах путем применения шифратора, позволяющего вызвать любой технологический параметр на ИТ, набрав на цифровом наборнике ПУ его номер. Каждый параметр имеет трехразрядный десятичный номер, старший разряд которого определяет принадлежность к той или иной системе (группе механизмов). Параметры ЭЭС имеют номера с 101 по 199, ОКС — с 201 по 299, ППУ и ПТУ — с 301 по 399 и с 401 по 499 соответственно. Однако старший разряд вызывного номера оператором не набирается, он задан распайкой между клеммами А5, А6, А7 разъема Ш6 БУИТ (рис. 1) соответствующего ИТ [3]. Подача на указанные клеммы сигнала, равного логической единице (2,7—3,5 В), соответствует двоичным разрядам 2⁰, 2¹, 2². Оперативно изменяя старший разряд вызывного номера, можно обеспечить возможность вызова на любое ИТ всех параметров, обрабатываемых системой.

Для решения задачи может быть использован шифратор, преобразующий позиционный код выбора группы механизмов в трехразрядный двоичный код, подаваемый на клеммы А5—А7. Рассмотрим два типа такого устройства: шифратор на переключателях и на диодной матрице.

Соответствие положения тумблера и вызываемых на ИТ параметров					
Параметры системы	Положения переключателей*			Код, подаваемый на БУИТ	
	левый SA1	средний SA2	правый SA3	двоичный	десятичный
БУИТ ЭЭС, параметры с 101 по 199					
ЭЭС	0	0	0	001	1
ОКС	1	0	0	010	2
ППУ	0	1	0	011	3
ПТУ	0	0	1	100	4
БУИТ ОКС, параметры с 201 по 299					
ЭЭС	1	0	0	001	1
ОКС	0	0	0	010	2
ППУ	0	1	0	011	3
ПТУ	0	0	1	100	4
БУИТ ППУ, параметры с 301 по 399					
ЭЭС	0	0	1	001	1
ОКС	0	1	0	010	2
ППУ	0	0	0	011	3
ПТУ	0	0	1	100	4
БУИТ ПТУ, параметры с 401 по 499					
ЭЭС	0	0	1	001	1
ОКС	0	1	0	010	2
ППУ	1	0	0	011	3
ПТУ	0	0	0	100	4

* 1 — верхнее положение, включено; 0 — нижнее положение, отключено.

В устройстве шифратора на переключателях (см. рис. 1) используются микропереключатели типа МТ1 и МТ1-2 с нормально замкнутым и нормально разомкнутым контактами. Принцип работы покажем на примере шифратора для БУИТ, обслуживающего параметры ППУ (с 301 по 399).

В состоянии, изображенном на рис. 1, б, все три тумблера SA1—SA3 находятся в положении «Отключено». При этом сигнал логической единицы поступает через нормально замкнутые контакты переключателей SA1, SA2 на клеммы Ш6/А5, Ш6/А6, формируя двоичный код 011 (десятичная 3). На ИТ обычным способом можно вызывать параметры ППУ. При установке SA1 в положение «Включено» на входе БУИТ формируется код 100 (двоичная 4)

для вызова на ИТ параметров ПТУ. Установив тумблер SA2 в положение «Включено», на ИТ можно вызывать параметры общекорабельных, а SA3 — электроэнергетических систем.

Указанная логика использования переключателей одинакова для всех БУИТ (таблица). Если все три тумблера находятся в положении «Отключено», то на ИТ вызываются параметры той системы, для управления которой предназначен данный ПУ.

Шифратор на переключателях предельно прост и применяется на действующем судне, однако обладает двумя недостатками: для каждого БУИТ необходим шифратор с индивидуальной распайкой, что неудобно при массовом повторении; при одновременно включенных двух или трех тумблерах возможно формирование ошибочного кода. Это весьма существенный недостаток. Так, если на табло ППУ оператор контролировал параметры ПТУ (SA1 включен), а затем включил тумблер SA2 для контроля ОКС, предварительно не отключив SA1, то, как видно из схемы (см. рис. 1, б), изменения подаваемого в БУИТ кода не происходит, хотя оператор считает, что контролирует параметры ОКС. Тем не менее, простота изготовления и установки шифратора позволяет с минимальными затратами использовать его на действующих судах.

Указанных недостатков лишено более сложное, но универсальное

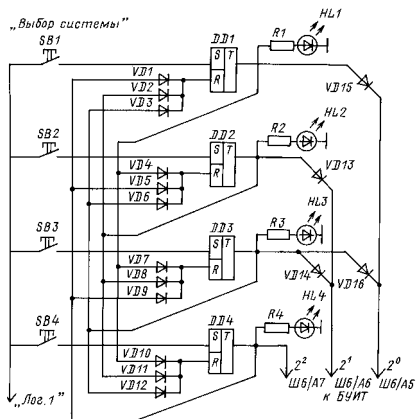


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема шифратора на диодной матрице

для всех БУИТ устройство-шифратор на диодной матрице (рис. 2).

В шифраторе использованы переключатели на RS-триггерах. При нажатии на один из кнопочных выключателей SB1...SB4 («Выбор системы») на выходе соответствующего RS-триггера DD1...DD4 устанавливается уровень сигнала «лог. 1», поступающий на диодную матрицу, светодиоды HL1...HL4 и на входы R (установки в 0) остальных триггеров. В результате, на выходе шифратора формируется трехразрядный двоичный код, соответствующий выбранной системе, о чем сигнализирует светодиод; на входе всех остальных триггеров устанавливается уровень «лог. 0». Сформированный таким образом двоичный код старшего разряда вызывного номера поступает на контакты разъема Ш6 блока управления информационным табло. Далее с помощью штатного наборника



Рис. 3. Передняя панель пульта с установленными на ней переключателями для изменения старшего разряда вызывного номера контролируемого параметра. (Три левых тумблера — для БУИТ ППУ, три правых — для БУИТ ПТУ)

набираются два младших разряда вызывного номера.

Описанные устройства позволяют увеличить число одновременно контролируемых параметров с двух до четырех (для ИТ ЭУ), сократить число вспомогательных операций по

набору параметров, вызывать на ИТ параметры любой группы механизмов, обслуживаемых системой централизованного контроля, независимо от ПУ.

Информационная емкость ИТ при использовании устройств увеличивается примерно в 4 раза, что позволяет значительно повысить эффективность работы оператора при управлении им техническими средствами судна.

Литература

1. Смоляров А. М. Системы отображения информации и инженерная психология. М.: Высшая школа, 1982.
2. Грунтович Н. В., Бубнов Е. А., Бондарев Д. И. Создание автоматизированных систем информационной поддержки оператора на основе систем централизованного контроля судовой энергоустановки // Судостроение. 1993. № 1.
3. Комплексы информационно-цифровые ИЦК. Техническое описание. Ч. 2. 007ТО. Л., 1978.

РАЗОВЫЕ ЗОНДЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОКЕАНИЧЕСКОЙ СРЕДЫ

В. А. Комляков (ЗАО «Акварин»), Ю. Ф. Тарасюк,
докт. техн. наук (НИИЦ РЭВ ВМФ)

УДК 551.46.081.1

Для измерения параметров физических полей морей и океанов применяются опускаемые и буксируемые гидрофизические зонды. В состав зондов обычно входит несколько датчиков для измерения температуры, солёности (электропроводности), скорости распространения звука, вектора течения и других параметров в зависимости от глубины. Потребителями информации, поступающей от датчиков, являются морские средства технического наблюдения, в том числе: радиолокационные — для наблюдения за водной поверхностью; гидроакустические, оптические и электромагнитные — за подводной средой [1—6]. Большинство средств наблюдения размещаются на надводных кораблях (НК), подводных лодках (ПЛ), глубоководных аппаратах, самолетах и вертолетах, свобода и скрытность маневрирования которых в процессе измерений не должны ограничиваться, а информация в средства наблюдения должна поступать оперативно и непрерывно.

Основной недостаток буксируемых и опускаемых зондов заключается в необходимости снижения хода или остановки корабля при проведении измерений, что может привести к серьезным последствиям, так как неподвижный корабль является хорошей мишенью для противника. При стационарной установке датчиков на подводном объекте в большинстве случаев для выполнения измерений требуется маневрирование объекта по глубине. При этом возрастает вероятность его обнаружения гидроакустическими средствами противника. С появлением в составе флотов ведущих государств мира атомных ПЛ и НК различных классов требования к точности измерения параметров физических полей океана, увеличению глубин зондирования, сокращению времени получения и передачи информации в средства наблюдения стали стремительно возрастать. В связи с этим для обеспечения оперативного и непрерывного измерения физических параметров океанической

среды на ходу объекта без ограничения его маневренности разрабатываются и широко используются на практике разовые гидрофизические зонды.

Отечественная промышленность освоила серийное производство разовых зондов для измерения вертикального распределения температуры (ВРТ) океанической среды типа ТЗО-1 и ТЗО-2, используемых на НК, гидрофизических и океанографических судах, а также зондов для измерения вертикального распределения скорости звука (ВРСЗ), используемых на НК («Алтын»), ПЛ (МГ-543), самолетах и вертолетах противолодочной обороны (РТБ-90 и РТБ-91).

Создание разовых гидрофизических зондов требует проведения большого объема теоретических и экспериментальных работ и решения множества научно-технических и технологических задач, к числу которых можно отнести следующие: исследование каналов передачи телеметрической информации, методов повышения их помехозащищенности и надежности передачи информации; отработка методов эффективного кодирования и повышения скорости передачи информации по линии связи, исследование помехоустойчивости кодирования и различных видов модуляции; разработка технических требований к датчикам измеряемых параметров по критери-

ям точности, надежности, простоты, экономичности энергопотребления и низкой стоимости; исследование гидродинамических характеристик зондов, методов обеспечения их стабильности и факторов, влияющих на динамику погружения; выработка математической модели динамики движения вертикально погружающегося зонда с постоянной и переменной массами; разработка методов определения глубины погружения зонда; создание пусковых устройств с дистанционным управлением и надежного микропровода для зондов с проводной линией связи.

В результате выполнения ряда опытно-конструкторских и научно-исследовательских работ, а также морских испытаний экспериментальных и опытных образцов зондов, которые проводились ОКБ-206 завода «Водтрансприбор», ЦНИИ «Морфизприбор», ВНИИМ им. Д. И. Менделеева, ИО РАН им. П. П. Ширшова, НИИЦ РЭВ ВМФ, ГосНИНГИ МО РФ и другими научными организациями страны, эти задачи были успешно решены, создан необходимый научно-технический потенциал и определены основные принципы проектирования разовых зондов.

С решением некоторых из перечисленных выше задач приходится сталкиваться при проектировании каждого нового зонда.

Для передачи информации об измеряемом параметре от разовых зондов в бортовые регистрирующие приборы и средства наблюдения могут использоваться проводные линии связи, гидроакустический канал, а также комбинации проводной линии связи с радиоканалом и гидроакустического канала с радиоканалом.

В качестве проводных линий связи обычно применяются одножильные или двухжильные микрокабели, общая длина которых в зависимости от глубины зондирования может достигать нескольких километров. Нулевым проводником для одножильного микрокабеля является морская вода. Двухжильные микрокабели обычно используются в разовых зондах, информация об измеряемом параметре которых передается в виде изменения величины постоянного тока. К таким зондам относятся практически все зонды для измерения ВРТ, к числу которых принадлежат отечественные типа ТЗО-1 и ТЗО-2

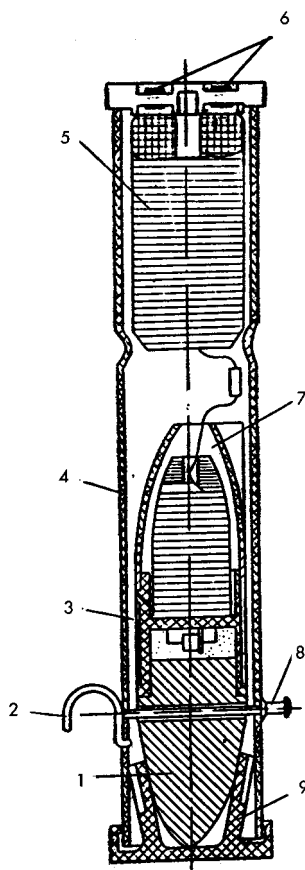


Рис. 1. Разовый зонд ТЗО-1:

1 — зонд; 2 — чека; 3 — термосопротивление; 4 — капсула; 5 — бортовая катушка; 6 — контакты для связи с регистратором; 7 — катушка зонда; 8 — стопор чеки; 9 — крышка капсулы

(рис. 1) и зонды США типа ХВТ. Одножильные микрокабели применяются в зондах с частотными датчиками, например, в зондах для измерения ВРСЗ (рис. 2).

При проведении измерений на ходу НК микрокабель линии связи наматывается на две катушки, одна из которых установлена в зонде, а другая — в пусковом устройстве, находящемся на борту корабля. После сброса зонда микрокабель сматывается одновременно с катушки зонда и бортовой катушки. При этом обеспечивается свободное вертикальное падение зонда от места, где он входит в воду, и исключается влияние на его погружение хода корабля и волнения моря. После размотки катушек микрокабель натягивается и обрывается, а зонд тонет (рис. 3).

Для проведения измерений с борта ПЛ используется зонд, который после выхода из пускового устройства всплывает к поверхности в специальной капсуле, затем отделяется от нее, погружается до максимальной глубины зондирования,

обрывается и тонет. Линия передачи информации при использовании таких зондов состоит из трех катушек. Третья катушка размещается в капсуле и разматывается по мере всплытия зонда к поверхности воды, что позволяет существенно уменьшить количество провода на катушке зонда и улучшить его массогабаритные и гидродинамические характеристики. Для обеспечения надежности размотки микрокабеля и исключения его обрыва бортовая катушка размещается не в пусковом устройстве, а на специальном отводителе, который выстреливается одновременно с капсулой и буксируется на некотором удалении от корпуса ПЛ. Катушка отводителя связана с бортовой аппаратурой при помощи малогабаритного кабель-троса, который обрывается в пусковом устройстве после завершения измерений (рис. 4).

В линиях связи разовых зондов используются катушки двух типов: намотанные на специальных каркасах, с наружным сматыванием микрокабеля, и бескаркасные — с внутренним сматыванием. Бескаркасные катушки с внутренним сматыванием предпочтительнее, так как они обеспечивают лучшие условия размотки с минимальным натяжением микрокабеля, однако технология их намотки сложнее и они более трудоемки в изготовлении.

К микрокабелю линии связи предъявляются требования по двум параметрам: сопротивлению изоляции относительно воды и амплитудно-частотной характеристике. Разрывное усилие не имеет большого значения, поскольку микрокабель сматывается с катушек с минимальным натяжением.

Микрокабель представляет собой тонкий эмалированный провод. Из-за шунтирующего действия морской воды сопротивление изоляции такого провода при большой глубине зондирования существенно уменьшается, что приводит к снижению уровня сигнала в линии связи. Как показывают испытания образцов провода одной и той же марки, но различной длины, на воздействие повышенного гидростатического давления, сопротивление изоляции в значительной степени зависит от длины провода, находящегося в воде, и мало зависит от наружного давления морской воды. Такие результаты испытаний объясняются наличием ми-



Рис. 2. Внешний вид разового зонда типа «Алпйн» для измерения ВРСЗ и его основных компонентов:
1 — зонд; 2 — поплавок; 3 — бортовая катушка

кротрещин в изоляции провода. Для повышения сопротивления изоляции и особенно для устранения микротрещин провод, используемый для разовых зондов, покрывается дополнительным слоем эмали.

Разовые зонды с проводной линией передачи информации получили наибольшее распространение в мировой практике проведения измерений параметров гидрофизических полей океанов. Они просты в эксплуатации, обеспечивают необходимую точность измерений, отличаются высокой надежностью и помехозащищенностью, а также имеют низкую стоимость.

При передаче информации по гидроакустическому каналу работа измерительной системы с разовыми зондами определяется следующими внешними факторами: акустическими характеристиками морской среды; гидрологическими характеристиками, среди которых определяющее значение имеет вид профиля ВРСЗ; геометрией гидроакустического канала связи, зависящей от взаимного расположения излучающей антенны зонда и приемной корабельной антенны; акустическими помехами. Перечисленные факторы оказывают су-

щественное влияние на прием измерительной информации и в определенных условиях могут вызывать сбои в работе и потерю контакта с зондом. Кроме этого ограничения на возможность надежного приема и достоверность информации накладывают вертикальная рефракция и многолучевое распространение акустических сигналов, обусловленное неоднородностями морской среды и их пространственными и временными флуктуациями, а также отражениями сигналов от поверхности и дна моря. Следует отметить, что в большинстве случаев уверенный прием информации на НК возможен только с использованием буксируемой антенны, что не всегда возможно. При проведении измерений с борта ПЛ для исключения потери контакта с зондом, вследствие затеняющего влияния ее корпуса, требуется выполнять специальное маневрирование в горизонтальной плоскости и использовать приемную антенну со сканированием характеристики направленности в вертикальной плоскости. При этом нельзя забывать, что акустический зонд является источником достаточно мощных регулярных сигналов, которые могут быть обнаружены современными гидроакустическими средствами на значительных расстояниях. В связи с этим использование акустических зондов для измерения параметров океанической среды с борта ПЛ, особенно малозумных, в боевых условиях весьма проблематично. Акустический зонд демаскирует ПЛ, даже находящуюся в зоне тени, так как при погружении он пересекает акустически освещенные горизонты и по его сигналам факт нахождения ПЛ в акватории может быть установлен значительно раньше ее обнаружения по собственному шумовому полю. Для НК использование акустических зондов не представляет опасности, так как он сам является источником более мощных акустических шумов. В силу изложенного разовые акустические зонды не нашли применения на кораблях ВМФ нашей страны и за рубежом. К тому же акустический зонд представляет собой сложное устройство и имеет высокую стоимость.

Комбинированный канал, состоящий из проводной линии связи и радиолинии, используется для передачи измерительной информации с радиотелеметрических буйев (РТБ). Первый отечественный РТБ, предназначен-

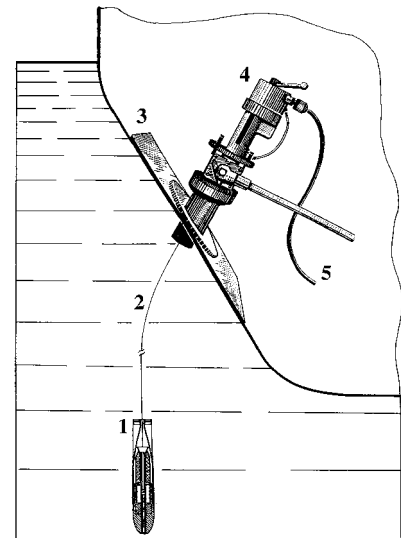


Рис. 3. Схема проведения измерений разовым зондом на НК при помощи бортового пускового устройства:
1 — зонд; 2 — проводная линия связи; 3 — фрагмент борта НК; 4 — бортовое пусковое устройство; 5 — кабель связи пускового устройства с регистратором

ный для измерения ВРСЗ, разрабатывался для применения с борта противолодочного корабля. При проведении измерений РТБ выстреливался на ходу НК из пневматического пускового устройства. После приводнения от него отделялся измерительный модуль, передававший по проводной линии информацию о ВРСЗ в плавающую часть буйа, а затем по радиолинии на корабль. Через 30 мин после завершения работы РТБ самоликвидировался. Во время испытаний была обеспечена надежная и достоверная передача информации на дистанции до 10 км при волнении моря 4—5 баллов. Несмотря на положительные результаты испытаний, от применения РТБ на НК пришлось отказаться ввиду его большой стоимости. В дальнейшем РТБ для измерения ВРСЗ нашел широкое применение только на авиационных носителях. При высоте полета носителя 500 м, волнении моря 3 балла и мощности передатчика 0,5 Вт обеспечивалась уверенная передача информации на дистанции до 50 км.

Комбинированный канал с использованием разового акустического датчика и радиобуя может рассматриваться как один из возможных способов передачи информации об измеренных параметрах океанической среды, но он характеризуется рядом недостатков гидроакустического канала, сложностью и высокой стоимостью измерительных

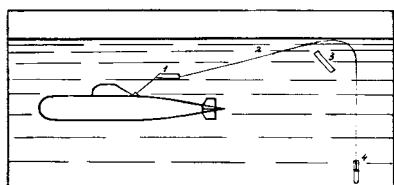


Рис. 4. Схема проведения измерений разовым зондом на ПЛ:
1 — отводитель; 2 — проводная линия связи; 3 — плавучесть, отделившаяся от зонда; 4 — зонд

средств, в связи с чем практически применения не нашёл.

При разработке конструкции разового зонда особое внимание уделяется выбору формы корпуса и определению гидродинамических характеристик. Теоретические исследования, проведенные в ЦНИИ «Морфизприбор» с участием специалистов ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова при разработке отечественных разовых зондов для измерения ВРСЗ, а также испытания в бассейне и в морских условиях массогабаритных макетов различной формы показали, что для свободно падающего в воде тела оптимальным является корпус с утяжеленной носовой оконечностью в виде усеченного вдоль малой оси эллипсоида вращения с отношением осей 1 : 2 и с хвостовыми стабилизаторами. При этом отношение длины зонда к наибольшему диаметру составляет примерно 5 : 1, угол конусности хвостовой оконечности порядка 15°, а коэффициент ее удлинения равен 3. Такая форма корпуса обеспечивает минимальное лобовое сопротивление и максимальную скорость погружения зонда.

Место установки первичного преобразователя измеряемого гидрофизического параметра зависит от его конструкции и может быть выбрано внутри носовой оконечности, на внешней поверхности корпуса или внутри хвостовой оконечности.

В первом случае в носовой оконечности предусматривается осесимметричный канал, через который вода проходит мимо преобразователя и выбрасывается во внешний пограничный слой через отверстия, находящиеся за максимальным поперечным сечением корпуса зонда. При размещении первичного преобразователя внутри хвостовой оконечности в ней также предусматриваются отверстия для входа и выхода воды.

Электронная часть датчика измеряемого параметра и автономные источники электропитания размещаются внутри герметичного корпуса зонда. В некоторых моделях зондов с проводной линией передачи информации электропитание подается по этой же линии с борта носителя, но это возможно только при достаточной электрической прочности провода линии, так как в противном случае возможен электрический пробой изоляции провода на воду. Включение электропитания осуществляется при попадании зонда в воду автоматически через специальный контакт, расположенный на его корпусе. Электронная часть датчика также определяется видом измеряемого гидрофизического параметра. Она преобразовывает исходный сигнал в вид, удобный для передачи по выбранной линии связи, и должна обеспечивать необходимую точность и помехозащищенность, быть максимально простой и экономичной по электропитанию, а также иметь минимальную стоимость. Разработчик должен всегда помнить, что сложный и дорогой зонд перспективы не имеет и не найдет широкого применения. Вследствие этого, в целях снижения стоимости, глубина погружения в подавляющем большинстве моделей разовых зондов вычисляется в бортовой аппаратуре с использованием

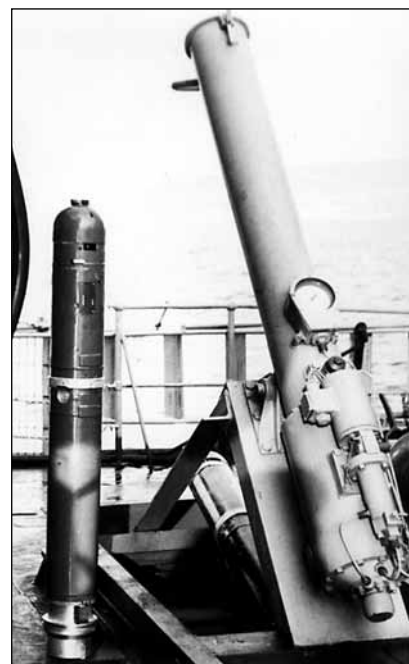


Рис. 5. Радиотелеметрический буй и пневматическое пусковое устройство

информации о гидродинамических параметрах. Применение для этой цели датчика глубины упрощает решение задачи, но существенно усложняет и удорожает зонд, что не удовлетворяет критерию минимальной стоимости. Точность определения глубины зависит от ряда факторов, основные из которых: допуски на изготовление (масса зонда, его размеры, шероховатость поверхности), условия пуска (высота пуска от поверхности воды, удар о воду, высота волны), состояние окружающей среды (плотность и вязкость воды, наличие вертикальных течений). Все эти факторы влияют на скорость погружения и ее стабильность для одной и той же модели зондов, а в конечном итоге определяют погрешность вычисления глубины. Для зондов с проводной линией передачи информации существенное влияние на скорость погружения оказывает изменение удельного веса за счет потери массы и объема вследствие сматывания провода с катушки.

Некоторые из этих факторов поддаются учету, поэтому нельзя считать, что они вносят погрешности, а влияние других можно свести к минимуму. Например, в технологическом процессе изготовления зондов типа ХВТ предусмотрены контроль и корректировка массы, обеспечивающие отклонения, не превышающие ±0,5%. Влияние шероховатости можно не учитывать, если класс обработки на-

Основные параметры разовых гидрофизических зондов

Тип зонда	Измеряемый параметр	Диапазон измерения	Погрешность измерения	Глубина зондирования, м	Разрешение по глубине, м	Скорость объекта, м/с	Объект-носитель
«Алтын»	Скорость звука, м/с	1400—1560	±0,25	400	1	5	НК, научно-исследовательские суда (НИС)
МГ-543	Скорость звука, м/с	1400—1600	±0,20	1500	1	5	ПЛ
РТБ-90	Скорость звука, м/с	1400—1550	±0,25	250	1	70±200	Самолеты, вертолеты
ТЗО-1	Температура, °С	-2±30	±0,10	500	1	12	НК, НИС
ТЗО-2	Температура, °С	-2±32	±0,08	500	1	15	НК, НИС

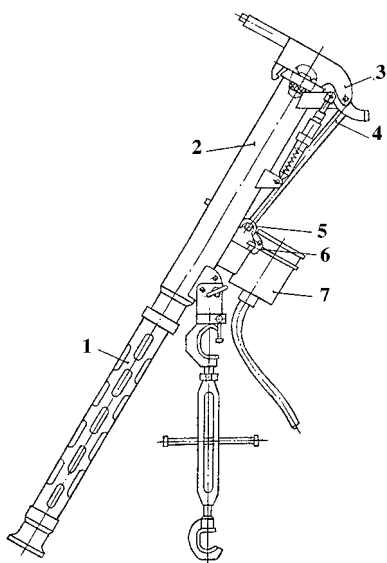


Рис. 6. Принципиальная схема палубного пускового устройства с дистанционным управлением для обрывного термозонда:

1 — направляющая труба; 2 — корпус; 3 — крышка; 4 — трехплечевой рычаг; 5 — чека; 6 — рычаг; 7 — электромагнит

ружных поверхностей выше четвертого. Погрешность, обусловленная высотой пуска, уменьшается с увеличением глубины. Она может быть сведена к минимуму, если высоту пуска выбрать так, чтобы скорость зонда у поверхности воды была равна расчетному значению конечной скорости погружения. Предельная погрешность определения глубины, достигнутая при измерении гидрофизических параметров морской среды разовыми зондами с проводной линией связи с учетом проведения изложенных выше мер, составляет $\pm 2\%$ от текущего значения глубины, но не более ± 5 м.

Еще одной важной характеристикой разового зонда является постоянная времени датчика измеряемого гидрофизического параметра, которая должна соответствовать скорости его погружения. Увеличение скорости погружения требует соответствующего уменьшения постоянной времени. В противном случае появляется динамическая погрешность, связанная с оставанием сигнала датчика от изменения измеряемого параметра. Наибольшей инерционностью обладают температурные датчики, постоянная времени которых достаточно велика. Промышленные модели температурных датчиков имеют постоянную времени порядка 0,1 с. Для сравнения, постоянная времени датчиков скорости звука, используемых в разовых зондах, соста-

вляет 30—70 мкс. Основные параметры некоторых гидрофизических зондов приведены в таблице.

Конструкции корабельных пусковых устройств определяются особенностями конструкции разовых зондов и условиями их применения. На надводных кораблях используются пусковые устройства трех типов: палубное, бортовое и переносное ручное. Палубное пусковое устройство устанавливается в кормовой части корабля у леерного ограждения или крепится к леерной стойке. Бортовое пусковое устройство размещается во внутреннем помещении корабля ниже ватерлинии и крепится к борту. Для закрытия пусковой трубы оно снабжено специальным клапаном клинкетного типа. Это устройство обеспечивает безопасность пуска зонда и удобство обслуживания в сложных погодных условиях. Переносное ручное пусковое устройство отличается своей портативностью и дает свободу в выборе места пуска.

Пусковая труба палубных устройств наклонена к поверхности воды приблизительно на 45° . При сбрасывании зонда труба разворачивается в сторону кормы и выступает за пределы обвода корпуса корабля. Падение зонда в воду происходит за счет собственного веса при освобождении стопорной чеки, которое обычно выполняется вручную. Отечественные палубные пусковые устройства (рис. 6, 7) чаще всего имеют ручное и дистанционное управление, осуществляемое при помощи электромагнита или небольшого электродвигателя. Дистанционный пуск зонда осуществляется с пульта управления бортовой аппаратуры.

Пусковые устройства, обеспечивающие выстреливание разовых зондов с борта ПЛ в подводном положении, разработаны в США. На отечественных ПЛ такие устройства отсутствуют, и зонды запускаются через штатный аппарат для удаления контейнеров с мусором с использованием специального переходного приспособления, что снижает оперативность работы и создает существенные трудности при подготовке и проведении измерений.

Для регистрации вертикального распределения гидрофизических параметров океанической среды, измеряемых разовыми зондами, на ранних этапах работ применялись



Рис. 7. Палубное пусковое устройство с дистанционным управлением для зонда «Алтын»

аналоговые устройства с записью информации на бумажной ленте. По мере развития цифровой техники и совершенствования методов обработки информации аналоговые устройства заменялись цифровыми и персональными компьютерами. Наиболее перспективны для использования в отечественных системах измерения гидрофизических параметров компьютеры в морском исполнении типа МК-1 и МК-2, а также типа «Багет».

Разовые зонды стали эффективным средством измерения гидрофизических параметров океанической среды, сбора и накопления информации о пространственно-временной изменчивости акваторий Мирового океана. В военно-морском флоте эта информация используется для оптимизации режимов работы корабельных гидроакустических средств подводного наблюдения. В хозяйственной и научной деятельности человека она необходима для решения ряда задач при проведении подводных технических работ, контроле экологической обстановки и исследованиях физических процессов Мирового океана.

Литература

1. Лариков О. Н., Савин С. Г. Современный уровень требований к измерителям гидрофизических параметров // III Международная научно-техническая конференция «Современные методы и средства океанологических исследований». М.: Наука, 1997.
2. Зондирующий гидрологический измерительный комплекс «Исток-7» // В. А. Гайский, В. И. Забурдаев, А. Ф. Иванов и др. // III Международная научно-техническая конференция «Современные методы и средства океанологических исследований». М.: Наука, 1997.
3. Карлик Я. С., Ушаков О. И. Подводная система сбора данных на волоконно-оптическом кабеле для исследования океана // Акустика океана. Сб. трудов школы-семинара акад. Л. М. Бреховских. М.: ГЕОС, 1998.
4. Комляков В. А. Корабельные измерители скорости звука // Тайфун. Военно-технический альманах. 1998. № 3 (11).
5. Балакин Р. А., Ковчин И. С., Сарри В. М. Телеметрический самолетный гидрозонд // Сб. тез. докл. Всесоюзной школы по техническим средствам и методам освоения океана. Т. 2. М.: Институт океанологии им. П. П. Ширшова. АН СССР, 1991.
6. Обрывной термозонд ТЗО-1 // Записки по гидрографии. 1978. № 201.

ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНЧЕСКОГО УЧЕТА В РОССИЙСКОМ СУДОСТРОЕНИИ

А. Ю. Лебедева (Санкт-Петербургский государственный
университет экономики и финансов)

УДК 657.471.7:629.5

Управленческий учет, его сущность, содержание и сфера применения сегодня особенно актуальны в свете реформирования российского бухгалтерского учета в соответствии с международными стандартами финансовой отчетности.

В условиях рыночной экономики российские судостроительные предприятия, как и предприятия других отраслей промышленности, оказались перед необходимостью перестройки своих систем оперативного и бухгалтерского учета. Судостроительным предприятиям приходится самостоятельно выступать на рынке товаров и услуг как обособленным товаропроизводителем, сбыт продукции и эффективность работы которых зависят от конъюнктуры рынка, потребностей покупателей, конкурентоспособности продукции. Одним из факторов повышения конкурентоспособности является снижение себестоимости продукции за счет правильно обоснованной постановки системы управления затратами, создания ресурсосберегающего, противозатратного механизма.

В отечественных нормативных документах понятие управленческого учета не встречается. По мнению американской ассоциации бухгалтеров, *управленческий учет* — это процесс идентификации информации, исчисления и оценки показателей и представления данных пользователям для выработки, обоснования и принятия решений [1], т. е. управленческий учет обязан обеспечить управленческий аппарат информацией, необходимой в процессе управления предприятием.

Для стран с развитой рыночной экономикой характерным является разделение системы учета на финансовую и управленческую. Такое подразделение объективно обусловлено различиями в целях и задачах внешней и внутренней бухгалтерии (табл. 1).

В *финансовой системе* формируется информация о текущих расходах предприятия, состоянии дебиторской и кредиторской задолженности, размерах финансовых инвестиций и доходов от них, состоянии источников финансирования и т. д. Одной из основных задач этой подсистемы является обеспечение достоверности учета финансовых результатов деятельности предприятия, его имущественного и финансового положения. Потребителями информации финансовой подсистемы учета являются в

основном внешние пользователи. Финансовая отчетность не является коммерческой тайной, она открыта к публикации. Все эти факторы обуславливают регламентацию структуры, состава внешней отчетности предприятия, правил и принципов ее составления.

В *системе управленческого учета* формируется информация для внутренних пользователей — менеджеров компании для принятия управленческих решений. Информация управленческого учета является коммерческой тайной, она не подлежит публикации и носит конфиденциальный характер. Администрация предприятия самостоятельно устанавливает состав, сроки и периодичность представления внутренней отчетности. Данная учетная система не регламентируется законодательством.

Управленческий учет, таким образом, представляет собой совокупность планирования, учета и анализа затрат и результатов деятельности предприятия. Предметом управленческого учета является производственная деятельность предприятия в целом и его структурных подразделений.

Объектами управленческого учета являются: затраты предприятия и его отдельных структурных подразделений; результаты хозяйственной деятельности всего предприятия и отдельных центров ответственности; внутреннее ценообразование; планирование хозяйственной деятельности предприятия; внутренняя отчетность.

Управленческий учет предполагает организацию учета затрат и калькулирования себестоимости продукции; составление смет расходов; организацию системы планирования, контроля и анализа затрат на производство; оперативное принятие обоснованных решений в целях оптимизации финансовых результатов деятельности предприятия. Данные элементы управленческого учета всегда имели место в теории и практике планирования, учета и анализа хозяйственной деятельности российских судостроительных предприятий. Учет затрат и калькулирование себестоимости продукции до недавнего времени были детально разработаны и закреплены в отраслевых инструкциях, которые были обязательны к исполнению на предприятиях отрасли. Была четко отлажена система накопления информации о затратах, разработана методика расчета и анализа различных экономических показателей, та-

ких как валовая и товарная продукция, нормативно чистая продукция, валовый выпуск и т. д.

Основным потребителем такой информации в условиях плановой экономики было Министерство судостроительной промышленности, которое на основе полученных данных планировало хозяйственную деятельность предприятий, контролировало выполнение плана, занималось организацией поставок материалов на предприятие и сбытом его готовой продукции через систему производственного кооперирования. Таким образом, основные функции управления предприятием лежали на отраслевых министерствах и ведомствах, управленческие решения которых часто были оторваны от конкретной производственной ситуации.

Решения о постройке особо сложных и дорогостоящих судов принимались правительством. Это было связано с большими государственными ассигнованиями, с выделением значительных валютных средств для приобретения лицензий, технологического и комплектующего оборудования за рубежом, с выдачей заданий другим предприятиям-контрагентам, которые участвовали в создании этих судов.

В 70-х годах выпустили ряд методических инструкций по учету затрат и калькулированию себестоимости продукции судостроения, которые не потеряли своей актуальности и в настоящее время. Так, в 1973 г. для обеспечения оперативности контроля за текущими затратами на строительство судна предлагалось планировать и калькулировать себестоимость судна в целом и его законченных конструкций — планово-учетных единиц [3]. В 1974 г. ЦНИИ «Румб» разработал «Инструкцию по организации на промышленных предприятиях министерства нормативного метода учета затрат на производство и калькулирования себестоимости продукции» № 299013-05-Ип-74.

Все эти методические рекомендации не нашли широкого применения в практике работы судостроительных предприятий, не заинтересованных в получении такой информации в условиях плановой экономики. У предприятий не было стимула в создании оптимальной системы управления производственными затратами, поскольку они не являлись субъектами управления. Ши-

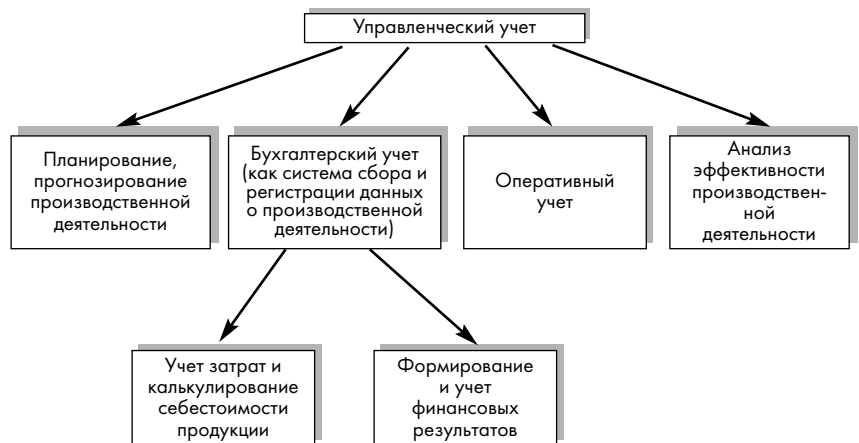
Таблица 1

Характеристики финансового и управленческого учета [2]		
Критерий	Финансовый учет	Управленческий учет
Основные потребители информации	Сторонние пользователи	Внутренние потребители
Обязательность учета	Требуется по закону	Устанавливается организацией
Цели учета	Представление информации сторонним пользователям	Представление информации собственным пользователям для управления организацией
Применяемая система бухгалтерского учета	Метод двойной записи	Любой метод, удобный для пользователя
Выбор принципов бухгалтерского учета	Общепринятые	Любые, пригодные для решения задач управления
Используемые измерители	Денежные	Любые: денежные, натуральные и трудовые
Основной объект анализа	Организация в целом	Хозяйственная единица
Частота составления отчета	Периодически, в соответствии с законом	По мере необходимости
Степень точности информации	Точная информация	Допускаются приблизительные оценки
Формы отчетности	Устанавливаются нормативными актами	Устанавливаются организацией

рокое распространение получила внутриотраслевая практика перераспределения оборотных средств и прибыли судостроительных предприятий, что отрицательно сказывалось на эффективности работы всех предприятий отрасли, так как в систему перераспределения прибыли были включены машино- и приборостроительные, электромонтажные, судоремонтные и другие рентабельные и нерентабельные предприятия. В этих условиях величина фондов экономического стимулирования определялась в основном не размером прибыли, а рядом косвенных показателей: темпом роста объемов производства, производительностью труда, себестоимостью. Поэтому большая часть информации на судостроительных предприятиях администрацией не востребовалась и не анализировалась.

Как видим, многие элементы управленческого учета уже существовали на судостроительных предприятиях в условиях командно-административной системы. Данный вид учета был интегрирован в единую систему государственного планирования, учета и анализа эффективности производства. Он был сориентирован на единую государственную систему управления народным хозяйством, и судостроительное предприятие в этой системе являлось отдельным «структурным подразделением» такого субъекта, как народное хозяйство в целом.

Переход отечественной экономики от административных методов управления к рыночным условиям хозяйствования коренным образом изменил запросы пользователей бухгалтерской информации судостроительного предприятия (табл. 2). В условиях рыночной экономики зна-



Система управленческого учета

Таблица 2

Характеристика управленческого учета плановой и рыночной экономики		
Критерий	Плановая экономика	Рыночная экономика
Основные потребители информации	Отраслевые министерства и ведомства	Менеджеры предприятия
Обязательность учета	Требуется отраслевыми инструкциями	Устанавливается предприятием
Цели учета	Представление информации отраслевым министерствам и ведомствам	Представление информации собственным пользователям для управления организацией
Применяемая система бухгалтерского учета	Метод двойной записи, расчет различных экономических показателей и другие методы, установленных отраслевыми инструкциями	Любой метод, удобный для пользователя
Выбор принципов бухгалтерского учета	Общепринятые принципы бухгалтерского учета, методика расчетов экономических показателей, установленные отраслевыми инструкциями	Любые, пригодные для решения задач управления
Используемые измерители	Денежные, натуральные и трудовые	Денежные, натуральные и трудовые
Основной объект анализа	Предприятие в целом	Предприятие в целом и его структурные подразделения
Частота составления отчета	Периодически, в соответствии с отраслевыми нормативными актами	По мере необходимости
Степень точности информации	Точная	Допускаются приблизительные оценки
Формы отчетности	Устанавливаются отраслевыми инструкциями	Устанавливаются организацией

чительно усложнился процесс управления предприятием, которому предоставлена полная хозяйственная и финансовая самостоятельность.

В Российской Федерации не существует даже двух судостроительных предприятий, методики учета затрат и калькулирования себестоимости продукции которых совпадали бы полностью, несмотря на единую методологическую базу, в силу особенностей организации управления, специфики технологии на конкретном предприятии. Поэтому одним из факторов повышения оперативности управления является правильная, обоснованная постановка системы управленческого учета, отвечающая особенностям конкретного предприятия.

На зарубежных судостроительных предприятиях, как уже отмечалось, построение системы управленческого учета является прерогативой администрации. Основные принципы бухгалтерского учета для финансовой отчетности изложены в Международном стандарте по бух-

галтерскому учету «Строительные подряды» (IAS 11).

В российском судостроении на сегодняшний день именно отраслевые документы регламентируют постановку системы управленческого учета. Многие экономисты еще в начале 90-х годов отмечали необходимость разработки оперативной системы учета и контроля затрат, результатов хозяйственной деятельности, отвечающей специфике конкретного судостроительного предприятия. В отраслевых экономических изданиях, в журнале «Судостроение» неоднократно публиковались статьи, посвященные аккумулированию и планированию затрат по планово-учетным единицам, формированию и отражению финансовых результатов долгосрочных заказов и т.д. [4–7].

На современном этапе в условиях полной хозяйственной самостоятельности российских судостроительных предприятий необходима коренная перестройка учета затрат в свете новых требований рыночной экономики и с использованием тех

положительных моментов, которые были разработаны в отраслевых инструкциях и выработаны на практике. Такая работа уже ведется ОАО «Балтийский завод», ГУП «Адмиралтейские верфи» и др.

Таким образом, требуется разработка единых методологических основ системы управленческого учета на судостроительных предприятиях, основными составляющими которой могут быть: организация системы оперативного планирования, контроля и анализа доходов и расходов судостроительного предприятия; увязка методики планирования, учета и анализа объема производства и себестоимости в части единства планово-учетных единиц внутривзаводского планирования и учета производства; выделение в самостоятельные объекты учета затрат планово-учетных единиц и калькулирование их себестоимости с применением нормативного метода учета затрат; своевременное и полное обеспечение соответствующего органа и звена управления необходимыми данными о текущих доходах и расходах судостроительного предприятия в целом и его отдельных подразделений.

Литература

1. Друзи К. Введение в управленческий и производственный учет. М.: ЮНИТИ, 1998.
2. Вещунова Н. Л., Фомина Л. Ф. Бухгалтерский учет и налогообложение, М.—СПб.: Издательский торговый дом «Герда», 1998.
3. Инструкция по планированию, учету и калькулированию себестоимости продукции на предприятиях Министерства судостроительной промышленности, утвержденная приказом министра судостроительной промышленности СССР от 21.09.73г. № 267.
4. Холодик С. В. Товарные единицы и оборотные средства подразделений судостроительных предприятий//Судостроение. 1994. № 1.
5. Малютин С. В. Совершенствование системы планово-учетных единиц//Судостроение. 1995. № 8—9.
6. Федосеев Г. Б. Снижение трудоемкости постройки судов — важная задача в условиях перехода к рыночным отношениям//Судостроение. 1993. № 10.
7. Организационно-технологические пути снижения накладных расходов на постройку судов/С. А. Горбачев, А. В. Догадин, А. В. Корблев, В. Ф. Соколов//Судостроение. 1999. № 1.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ПРОЦЕССА РОТАЦИОННО-ЛОКАЛЬНОЙ ГИБКИ

А. Н. Ситников, канд. техн. наук; В. В. Веселков, докт. техн. наук;
О. С. Куклин, докт. техн. наук; Я. Г. Марголин, Ю. И. Платонов
(ГНЦ ЦНИИТС)

УДК 681.322:621.981.001.57

Многие виды современного гибочно-правильного оборудования имеют числовое программное управление (ЧПУ), что повышает производительность труда и позволяет заменить гибщиков высокой квалификации на операторов станков с ЧПУ [1]. Для автоматизации процесса гибки используют оборудование с ЧПУ, основанное на принципах локального формообразования и включающее систему бесшаблонного контроля формы детали, что дает возможность изготавливать детали сложных форм (двойкой кривизны). Наличие подсистемы контроля формы, входящей в состав системы ЧПУ, позволяет принимать решение о прекращении гибки при достижении требуемой формы детали или продолжении по новой управляющей программе.

В настоящее время в ЦНИИТС разрабатываются технология и оборудование для автоматизированной гибки металлопроката, основанные на принципах ротационно-локального деформирования. Многофункциональный гибочно-правильный станок МГПС-25 послужил прототипом многофункциональной гибочно-правильной машины (МГПМ), в кинематической схеме которой в отличие от МГПС-25 имеется подвижной портал для перемещения станины в процессе гибки относительно закрепленной в манипуляторах заготовки. Таким образом, возможен вывод нажимного ролика в любую точку поверхности обрабатываемой детали.

Напряженно-деформированное состояние детали, возникающее при ротационно-локальной гибке, достаточно сложно пред-

сказать заранее. Поэтому для всестороннего исследования процесса проводились серии компьютерных и натурных экспериментов. Компьютерное моделирование процесса выполнялось методом конечных элементов (МКЭ). Проверка конструкторских решений и проведение натурных экспериментов осуществлялись на специальном действующем макете машины АГПМ-15М. С целью исследования кинематических схем макета была создана его «твердотельная» компьютерная модель в среде AutoCAD r14 (рис. 1).

Макет АГПМ-15М позволяет опробовать некоторые приемы, используемые в технологии гибки для станков типа МГПС, проверить конструктивные решения, заложенные в идею нового поколения машин, разработать систему управления с целью максимальной автоматизации процесса гибки. Компьютерное моделирование позволяет моделировать ситуации, которые сложно, а часто и невозможно, воспроизвести в реальных условиях, расширить область исследований, существенно снизить объем натурных экспериментов, выявить возможности оборудования, разработать научно обоснованную технологию гибки деталей различных форм на данном типе оборудования. В процессе натурных исследований возможно сопоставление результатов компьютерного моделирования с реальными экспериментами и внесение поправок в расчетные схемы компьютерных моделей (КМ).

В рамках исследований было проведено несколько экспериментов по сопоставлению результатов компьютерного моделирования и реального процесса гибки на макете АГПМ-15М.

Эксперимент 1 — сравнение результатов компьютерного моделирования процес-

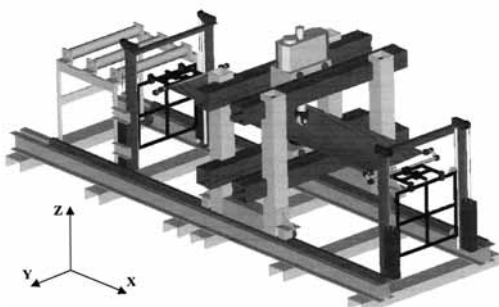


Рис. 1. «Твердотельная» компьютерная модель макета многофункциональной гибочно-правильной машины

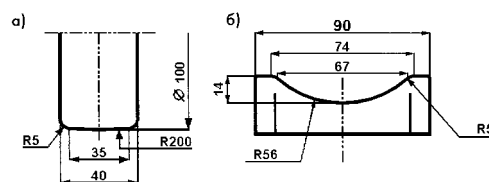


Рис. 2. Параметры примененной технологической оснастки профиля верхнего (нажимного) ролика (а) и профиля нижнего (опорного) ролика (б)

са гибки стальной и алюминиевой заготовок с результатами гибки на макете. В целях исключения необходимости учета габаритных характеристик для эксперимента были выбраны две металлические заготовки: из алюминиево-магниевого сплава (АМгЗ) и стали Ст2 размерами соответственно 0,7 x 1,0 x 0,004 и 0,7 x 0,9 x 0,004 м, модулем упругости $0,7 \cdot 10^5$ и $2,1 \cdot 10^5$ МПа, пределом текучести 150 и 300 МПа.

АМгЗ имеет более низкий предел текучести и модуль упругости, чем Ст2, и является наиболее пластичным из применяемых в судостроении металлов. Эти качества характеризуют нижнюю и верхнюю границы свойств материалов, которые будут подвергаться обработке ротационно-локальной гибкой. Пределы текучести были определены экспериментальным путем для закупленных партий заготовок. Исходная форма деталей — прямоугольная, результирующая — цилиндрическая, что позволило оценивать отклонения в сторону седловидности или парусовидности при принятой схеме и программе гибки. Для упрощения программы гибки, изготовления шаблона и анализа полученных результатов цилиндр имеет основание в виде окружности. Принятая схема гибки — верхний выпуклый ролик по нижнему вогнутому ролику. Параметры верхнего и нижнего роликов показаны на рис. 2. Маршруты прокатки — параллельные прямые с одинаковыми интервалами (рис. 3).

Из теории известно, что зона пластичности не превышает 1/3 межпорного расстояния при поперечном свободном изгибе [2, 3]. Интервалы между линиями прокатки выбраны равными межпорному расстоянию нижнего ролика с целью минимального взаимного влияния. Стрелка прогиба постоянная, что позволяет проследить изменение требуемых усилий гибки по поверхностям заготовок и проанализировать влияние краевого эффекта, анизотропии и т. п. Стрелка прогиба нижнего ролика была выбрана меньше максимально возможной во избежание раскатки и, следовательно, необходимости решения контактной задачи МКЭ [4, 5]. Чтобы исключить влияние упрочнения металла в результате гибки, диаграммы «усилие—прогиб» снимались до ротаци-

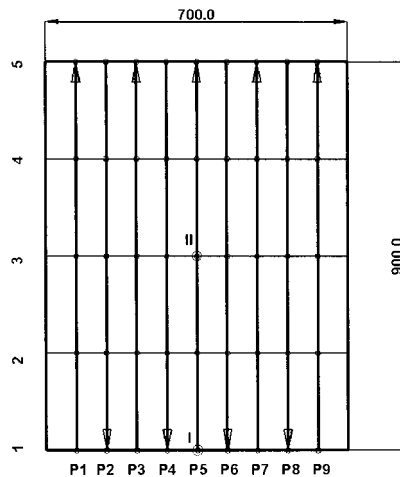


Рис. 3. Схема расположения линий прокатки и контрольных точек

онно-локального деформирования деталей в центре и на краю заготовок для анализа влияния краевого эффекта. Изменение остаточных стрелок прогиба после гибки и отклонений от шаблона позволило сравнить полученную форму детали с рассчитанной для корректировки КМ. Для анализа отклонения полученной формы от цилиндрической после гибки замерялась продольная погибь детали.

В расчетной части определялась результирующая напряженно-деформированного состояния деталей путем решения плоской неконтактной задачи с использованием МКЭ по расчетной схеме (рис. 4).

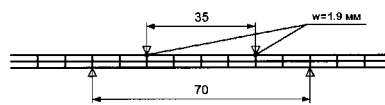


Рис. 4. Схема для расчета одного прохода

Диаграмма истинных напряжений для материала была выбрана в соответствии со степенной аппроксимацией [6]:

$$S = \sigma_T \left(\frac{\epsilon}{\epsilon_T} \right)^n,$$

где S — напряжение, МПа; σ_T — предел текучести, МПа; ϵ — деформация; ϵ_T — деформация, соответствующая пределу текучести; n — показатель степени, зависящий от материала (выбирается по данным [6]).

Параметры аппроксимации для Ст2 и АМгЗ соответственно: ϵ_T —

0,002 и 0,002; σ_T — 300 и 150 МПа; n — 0,17 и 0,22.

Интервал изменения параметра ϵ был принят от 0 до 0,6 (10 точек на интервал, начиная с 0,002). Численный эксперимент показал, что для получения общей стрелки прогиба $w = 100$ мм необходимо на каждом проходе осуществлять прокатку с постоянной стрелкой прогиба $w = 1,9$ мм.

Замеры усилия в зависимости от величины стрелки прогиба при постепенном ее возрастании до 1,9 мм и последующем снижении до остаточного прогиба проводились в точках P1...P9 с линиями 1, 2...5. После гибки замерялись отклонения детали от шаблона по сечениям 1, 2...5, на линиях P1...P9 и на краях деталей; остаточная продольная погибь — по краям детали и на линии P5 (по оси симметрии), стрелки прогиба — на краю детали на базах 140, 280, 560 мм и общая стрелка прогиба.

Расчетные и полученные экспериментальным путем диаграммы «усилие—прогиб» приведены на рис. 5. Форма диаграммы в результате расчета МКЭ как для стали, так и для АМгЗ совпадает с теоретической формой диаграммы [2, 7]: присутствуют ярко выраженные участки линейно-упругой деформации и разгрузки нелинейной упругопластической деформации с упрочнением. Диаграммы для стали Ст2 (рис. 5, а) имеют форму, отличную от расчетной. На участках нагрузки в центре заготовки отсутствует ярко выраженный начальный линейно-упругий участок, а участки разгрузки на обеих диаграммах нелинейны; на краю заготовки имеются ярко выраженные участки линейно-упругий, упругопластический и нелинейной разгрузки. Кроме того, диаграмма, снятая на краю заготовки, проходит ниже диаграммы, снятой в центре. Обе диаграммы имеют различную форму, что объясняется краевым эффектом, т. е. для деформации детали на краю требуется меньшее усилие, чем в центре, и здесь раньше наступает пластичность.

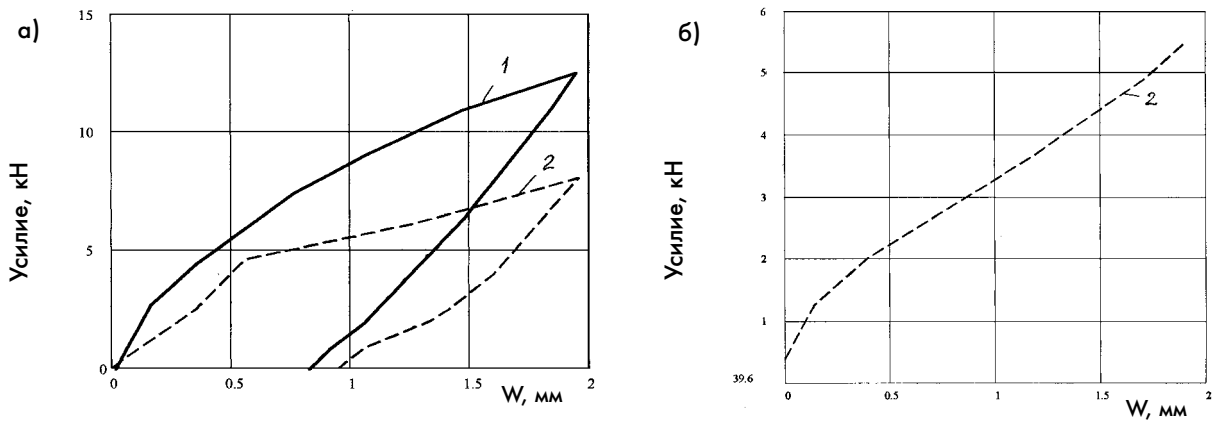


Рис. 5. Диаграммы «усилие-прогиб» для стали Ст2 (а) и сплава АМгЗ (б): 1, 2 — диаграммы по центру и на краю заготовки

На диаграмме, снятой для АМгЗ (рис. 5, б) на краю заготовки, присутствует только нагрузочная часть, близкая к линейной. Это можно объяснить меньшим, по сравнению со сталью, модулем упругости и, следовательно, меньшим начальным углом наклона кривой. АМг более подвержен упрочнению, чем сталь, поэтому наклон упругопластической части диаграммы больше, чем у стали. Оба эти фактора привели к общей форме диаграммы, близкой к линейной.

Распределение усилий по поверхности заготовок показано на рис. 6. Для деталей из Ст2 и АМгЗ усилие возрастает по мере удаления от краев заготовки и стабилизируется в средней части из-за наличия краевого эффекта. В результате гибки заготовок из АМгЗ и Ст2 были получены детали практически одной формы, что показало незначительную зависимость конечной формы детали от материала заготовки при выбранных стрелках прогиба, схеме гибки и толщине заготовок. Детали имеют форму, близкую к цилиндрической, с незначительной, около

2 мм, парусовидностью по краям. Однако результирующие формы обеих деталей имеют отклонения от расчетных в среднем на 35% в сторону недогиба. Слабая седловидная форма обусловлена более сильными остаточными прогибами на краях заготовок, так как стрелку прогиба, резко увеличивающуюся при приближении к краю заготовки, не удалось полностью компенсировать с помощью ручного управления. Поэтому в большинстве случаев конечная стрелка на краю составляла в среднем 2,2 мм. Похожие результаты для разных материалов можно объяснить следующим образом: диаграммы растяжения—сжатия обоих материалов имеют одинаковую форму, отличие состоит в величине напряжений при одинаковых деформациях. Углы наклона диаграмм в упругой зоне различны, однако в упругопластической области они практически одинаковые.

Таким образом, управление стрелкой прогиба позволит распространить результаты расчета остаточного деформированного состоя-

ния, полученные для одного материала, на детали из других материалов в более широком диапазоне, чем при управлении усилием. Кроме того, ярко выраженный краевой эффект на графиках зависимости усилия от распределения прогиба по поверхности листов и малые отклонения от результирующей цилиндрической формы при постоянном прогибе говорят в пользу управления процессом посредством задания величины стрелки прогиба. Необходимо скорректировать диаграмму растяжения—сжатия материалов в КМ и выполнить повторную гибку листов до общей стрелки прогиба 100 мм.

Эксперимент 2. По результатам первого эксперимента были внесены некоторые изменения в диаграммы растяжения—сжатия материалов в компьютерной модели и произведен расчет требуемой программы повторной гибки деталей с общей стрелкой $w = 100$ мм. Судя по результатам расчета с помощью КМ, в данном эксперименте существующие и вновь возникающие зоны пластичности уже будут накладываться друг на друга. Прокатка при

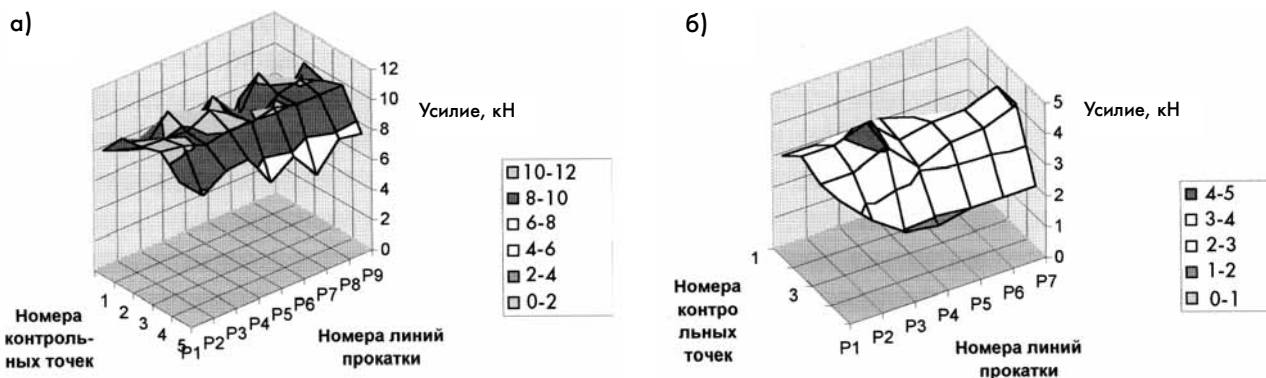


Рис. 6. Распределение усилий гибки по поверхностям заготовок из стали Ст2 (а) и сплава АМгЗ (б)

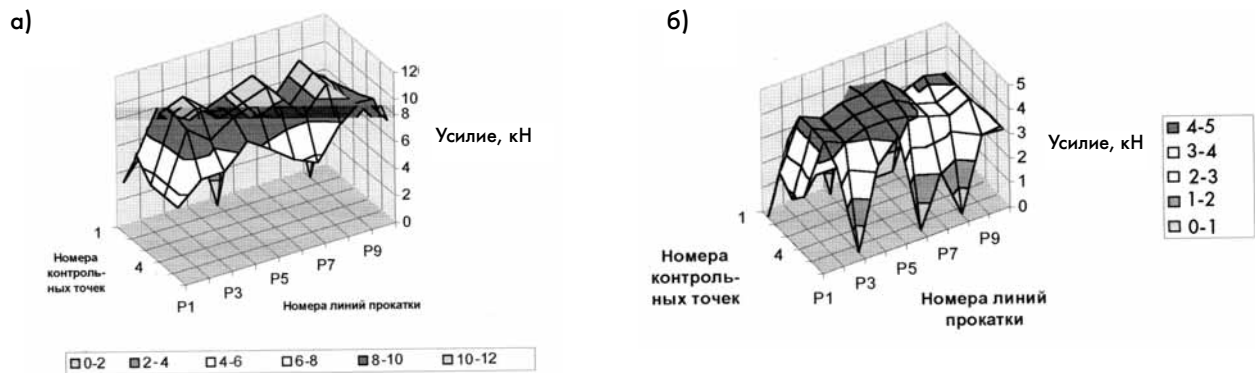


Рис. 7. Распределение усилий гибки по поверхностям заготовок из стали Ст2 (а) и сплава АМгЗ (б)

повторной гибке производилась не подряд, а от краев, так как высота портала над нижним опорным роликом не позволяла гнуть детали с выбранными стрелками прогиба при последовательной очередности проходов. Результаты повторной гибки показали, что общая картина осталась без изменений. На рис. 7 приведены результаты замеров распределения усилий по поверхностям заготовок.

Общие отклонения формы деталей по поперечным сечениям от шаблона (см. рис. 3) составляют в среднем 35% в сторону перегиба. Детали имеют слабо выраженную парусовидную форму. Максимальная парусовидность в центре составляет 2 мм и увеличивается к краям

до 4 мм. Алюминиевый и стальной листы после повторной гибки по-прежнему имеют практически одинаковую форму. Характер изменения усилий гибки по поверхности заготовок не изменился — наблюдается ярко выраженный краевой эффект, чередующиеся вершины в центральной части стального листа, скорее всего, случайны. На листе из АМгЗ картина распределения усилий носит чисто случайный характер.

По результатам экспериментов можно сделать общий вывод — управление процессом гибки по стрелке прогиба (по перемещениям), в принципе, возможно. В настоящее время системы ЧПУ по перемещениям являются наиболее эффективными и надежными. В связи с этим управле-

ние по стрелке прогиба представляется более предпочтительным, чем управление по усилию.

Литература

1. Автоматизация технологических процессов корпусообработывающего производства / В. В. Веселков, И. А. Шавров, А. А. Васильев, Б. И. Серпов. Л.: ЦНИИ «Румб», 1991.
2. Безухов Н. И. Основы теории упругости, пластичности и ползучести. М.: Высш. школа, 1968.
3. Технология и оборудование для изготовления корпусных деталей из алюминиевых сплавов / В. И. Васильева, О. С. Куклин, В. П. Шабаршин, И. Г. Ширшов. Л.: ЦНИИ «Румб», 1983.
4. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике / Пер. с англ. М.: Мир, 1975.
5. ANSYS/ED Help System for Release 5.4" SAS IP, 1997.
6. Куклин О. С. Теория и расчет процессов холодной гибки высокопрочных сталей и сплавов. Л.: ЦНИИ «Румб», 1982.
7. Постнов В. А. Теория пластичности и ползучести. Л.: ЛКИ, 1975.

ПРИМЕНЕНИЕ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ БЛОКОВ И МОДУЛЕЙ ДЛЯ ПОДЗЕМНОЙ АТОМНОЙ ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

А. А. Ива, канд. техн. наук; **Н. И. Герасимов**, докт. техн. наук (ГНЦ ЦНИИТС)

УДК 629.311.25:621.039(24)

Разработка проектов подземных атомных теплоэлектростанций (ПАТЭС) обусловлена острым дефицитом электрической и тепловой энергии в таких регионах, как Приморский край, Кольский полуостров и другие, а также необходимостью создания атомных теплоэлектростанций с повышенной безопасностью.

Основные преимущества ПАТЭС на основе судостроительных технологий по сравнению с вариантами наземных электростанций следующие [1—3]: оптимальные по мощности (от 75 МВт) типоразмеры судовых атомных паропроизводя-

щих установок, позволяющие построить ПАТЭС в непосредственной близости от потребителей электрической и тепловой энергии; наличие компактных, безопасных, надежных, проверенных длительным опытом эксплуатации судовых атомных паропроизводящих установок; технологий, позволяющих перенести основной объем работ по сборке и монтажу оборудования ПАТЭС с места постройки на судостроительные и машиностроительные предприятия, а также готового к выполнению работ производства на судостроительных и судоремонтных предприятиях.

ПАТЭС предполагает размещение основного оборудования в подземных тоннелях в виде атомных энергетических модулей (АЭМ). Так, для ПАТЭС-300 предусматривается четыре модуля с атомными паропроизводящими установками (АППУ) типа КН-3 мощностью по 75 МВт. Каждый АЭМ (рис. 1) включает в себя оборудование и системы АППУ, турбогенераторной установки и управления АЭМ.

Оборудование и системы ПАТЭС должны быть смонтированы в подземных тоннелях с жесткими ограничениями по ширине и высоте. Поэтому наиболее предпочтительным, на наш взгляд, является изготовление ПАТЭС в виде отдельных сборочно-монтажных единиц (СМЕ), собираемых на судостроительном предприятии, транспортировка их в зону установки, погрузка в тоннели и монтаж. Основная часть сборочно-монтажных операций будет выполнена на предприятии, в цехах,

имеющих необходимые производственные условия, оснащенных оборудованием и всеми видами энергии, что обеспечит высокое качество работ и, следовательно, надежность оборудования и систем в эксплуатации.

Представляется целесообразным формировать оборудование ПАТЭС максимально крупными функционально законченными СМЕ — типа модулей и зональных блоков. Конструктивно подобные СМЕ должны включать в себя оборудование, трубные, кабельные коммуникации и системы, несущую конструкцию и защитную оболочку. При изготовлении СМЕ должны быть выполнены все сборочно-монтажные операции, включая и испытания. Поэтому при монтаже в зоне ПАТЭС необходимо будет выполнять только работы по креплению их на штатных местах в тоннелях, соединению трубопроводов, электрических сетей, установке активной зоны в реакторе. Заключительными операциями будут испытания систем, оборудования АЭМ в целом и пробные пуски реактора.

При постройке ПАТЭС в северных регионах изготовление СМЕ может быть организовано в АО «Балтийский завод», имеющем большой опыт постройки атомных судов и кораблей (т. е. сборки и монтажа атомных паропроизводящих установок), цехи, оснащенные кранами большой грузоподъемности, а также глубоководную акваторию у пирсов. Комплектующее оборудование может поставляться в АО «Балтийский завод» и в зону постройки ПАТЭС по сложившейся в судостроении схеме. При изготовлении модулей и других СМЕ, в случае реализации большой программы, могут быть привлечены судостроительные и другие предприятия Санкт-Петербурга. Изготовление модулей на других предприятиях, например, в Северодвинске (ПО «Севмашпредприятие», «Звездочка») является менее предпочтительным, так как данные предприятия удалены от основных поставщиков крупногабаритного оборудования Санкт-Петербурга («Ижорский завод», «Кировский завод», «Электросила»).

Оптимальным при изготовлении крупного по массогабаритным

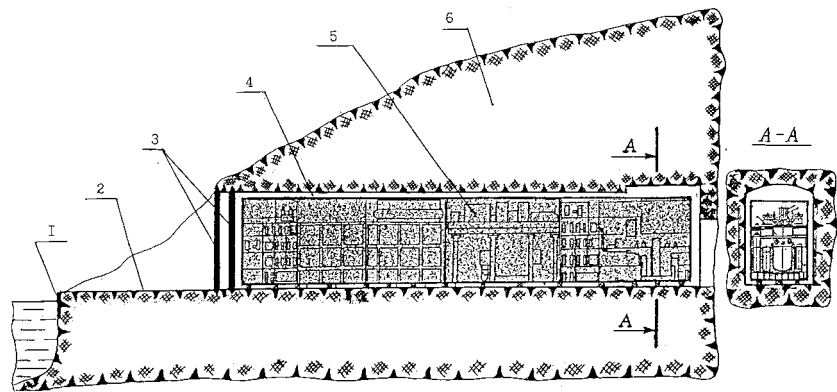


Рис. 1. Схема размещения атомного энергетического модуля:

1 — причальная стенка; 2 — приемно-подготовительная площадка; 3 — затвор; 4 — тоннель; 5 — атомный энергетический модуль (АЭМ); 6 — грунт (скальная порода)

характеристикам атомного энергетического модуля является разделение его на отдельные функционально самостоятельные зональные блоки. В случае транспортирования модуля в сборе (например, в доке, на понтонах), зональные блоки могут быть объединены, что позволит заранее испытать оборудование и системы.

В качестве типовых зональных блоков АЭМ, исходя из выполненных проработок (рис. 2), предлагаются: реакторный (ЗБ-1), электротехнический АППУ (ЗБ-2), турбогенераторные (ЗБ-3, ЗБ-4, ЗБ-5), управления (ЗБ-6). Ориентировочные массогабаритные характеристики зональных блоков и АЭМ в целом приведены в таблице.

В состав реакторного блока ЗБ-1 входят несущая конструкция (корпус), защитная оболочка, бак металловодной защиты, реактор, парогенерирующие блоки (ПГБ), блоки очистки и расхолаживания, теплообменники I—III контуров, фильтры, трубопроводы, арматура и биологическая защита.

Основное оборудование ЗБ-3, ЗБ-4 и ЗБ-5 — турбина, генератор, конденсатор, бойлеры, различные

теплообменники, насосы; ЗБ-2 и ЗБ-6 включают в себя различное вспомогательное и электротехническое оборудование по обслуживанию и управлению паропроизводящей и турбогенераторной установками и АЭМ в целом.

Для изготовления зональных блоков и АЭМ в целом предлагается следующая организационно-технологическая схема (рис. 3), характерная для судостроительного предприятия. Корпусные (несущие) конструкции ЗБ и СМЕ изготавливаются в корпусном цехе № 1, где размещаются корпусообрабатывающий, сборочно-сварочный и корпусосборочный участки, а также участок сборки бака металловодной защиты (МВЗ).

Сборку агрегатов атомной паропроизводящей установки и турбогенераторной установки (ТГУ) предусматривается осуществлять в специальном цехе № 3, где имеются участки входного контроля, сборки агрегатов, трубопроводов, изготовления блоков биологической защиты. Изготовление узлов, агрегатов, монтажных блоков, входящих в ЗБ, производится в цехе агрегатирования № 4. Сборка зональных блоков

Ориентировочные массогабаритные характеристики зональных блоков и атомного энергетического модуля ПАТЭС

Основные параметры	Блоки						Атомный энергетический модуль
	реакторный (ЗБ-1)	электротехнический АППУ (ЗБ-2)	турбогенераторный 1 (ЗБ-3)	турбогенераторный 2 (ЗБ-4)	турбогенераторный 3 (ЗБ-5)	управления (ЗБ-6)	
Длина, м	23	13	19	23	16	13	107
Ширина, м				11			
Высота, м				17			
Масса, т	2200	580	1180	2100	1120	560	7740

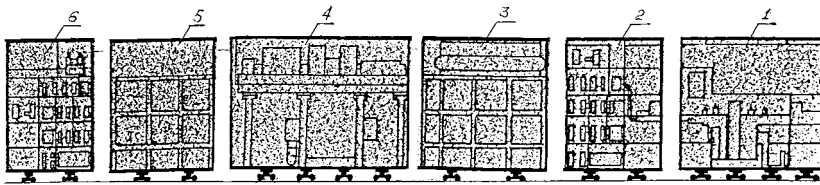


Рис. 2. Схема разделения атомного энергетического модуля на зональные блоки: 1 — ЗБ-1 реакторный; 2 — ЗБ-2 электротехнический АППУ; 3 — ЗБ-3 турбогенераторный 1; 4 — ЗБ-4 турбогенераторный 2; 5 — ЗБ-5 турбогенераторный 3; 6 — ЗБ-6 управления

АЭМ предусмотрена в основном цехе «формирования» № 2.

Для обеспечения работы основных цехов необходимо иметь также блок складов, механический, трубообрабатывающий, электромонтажный и малярный цехи. Изготовление реакторного ЗБ-1 осуществляется

завершается формирование корпусных и защитных конструкций.

Схема изготовления других блоков следующая: параллельно формируется корпусная конструкция, изготавливаются СМЕ, входящие в ЗБ, а также выполняется предмонтажная подготовка оборудования, не вхо-

атации модули и блоки подлежат консервации.

Монтаж активной зоны, штатной крышки реактора, системы управления защиты, в связи с достаточно сложным транспортированием, рекомендуется производить при монтаже блоков или модулей в зоне эксплуатации ПАТЭС.

Изготовление АЭМ и зональных блоков в соответствии с предлагаемой технологией позволит выполнить основной объем работ на судостроительном или судоремонтном предприятии, значительно сократить продолжительность и трудоемкость монтажа на месте эксплуатации, а также обеспечить необходимое качество работ. По сравнению с на-

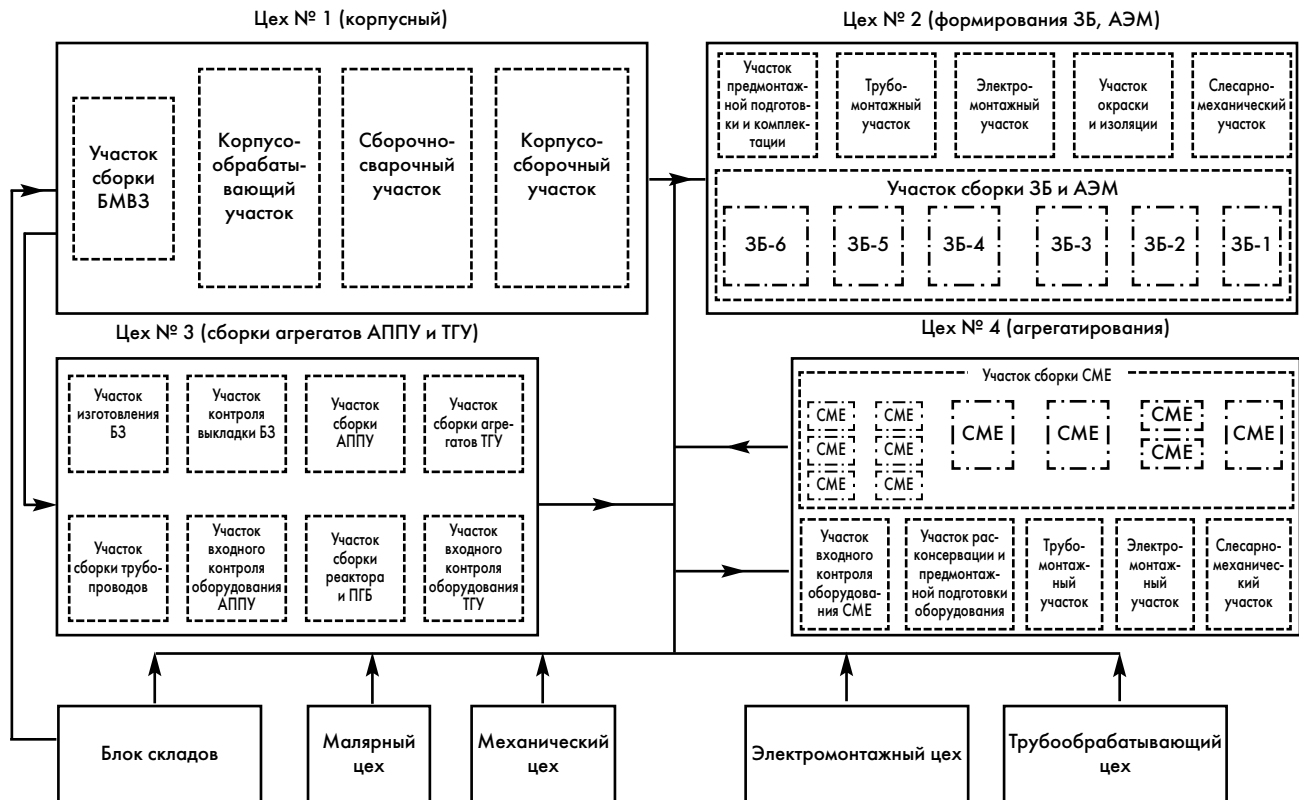


Рис. 3. Организационно-технологическая схема изготовления зональных блоков и атомных энергетических модулей

следующим образом: параллельно формируется корпусная конструкция и выполняются сборка бака металлопроводной защиты, реактора с парогенерирующими блоками (ПГБ) и агрегата АППУ; производится погрузка агрегата АППУ в корпусную конструкцию, монтаж оборудования, трубопроводов, их промывка и испытание, монтаж кабеля и ранее не установленных блоков биологической защиты;

дающего в СМЕ; погрузка, монтаж СМЕ, оборудования, трубопроводов, их испытание, монтаж кабеля и завершение формирования корпусных и защитных конструкций.

При изготовлении АЭМ в сборе готовые зональные блоки стыкуются по корпусным конструкциям, соединяются по трубопроводным и кабельным трассам. На период транспортирования к месту эксплу-

земными АЭС это позволит осуществить строительство ПАТЭС в значительно более короткие сроки и с меньшими капиталовложениями.

Литература

1. Подземная атомная теплоэлектростанция / Д. Ислямов, Э. Л. Петров, В. П. Струев, Б. С. Хазов, Г. П. Шалик // Вестник Ноу-хау. 1993. № 4. Вып. 5.
2. Богорад Н. АЭС уходят под землю // Санкт-Петербургское эхо. 13.03.96 г.
3. Мельников Н. Н. и др. Подземные АЭС // Апатиты, 1991.

ПОВРЕЖДЕНИЯ И РЕМОНТ ПОДВОДНОЙ ЧАСТИ БМРТ В ДАЛЬНЕВОСТОЧНОМ БАССЕЙНЕ

В. Т. Луценко, канд. техн. наук (ДВГТУ)

УДК 629.5.024.004.67(204.1):629.562.2

Большие морозильно-рыболовные траулеры (БМРТ) пр. 394, построенные большой серией в стране в 60–70-е годы, имеют следующие основные характеристики: длина максимальная 84,7 м, ширина 14,02 м, высота борта 10,03 м, осадка в грузу 5,7 м, мощность главной энергетической установки 1471 кВт, скорость хода 13 уз, дедвейт 1471 т, класс Регистра КМ ⚙ ЛЗ П траулер-завод. Суда, составившие основу рыбопромыслового флота, в том числе в Дальневосточном бассейне, предназначены для добычи, переработки, кратковременного хранения и доставки рыбопродукции на береговые базы.

К настоящему времени часть судов списана по возрасту. Нормативный срок эксплуатации других заканчивается, в связи с чем необходимо решать вопрос о возможности продления срока их службы при минимальных объемах ремонта без ущерба для безопасной эксплуатации, что вызвано резким сокращением поступления новых судов из-за изменившихся экономических условий.

В период эксплуатации наибольшую опасность представляют повреждения элементов подводной части, так как их можно устранить только после постановки судна в ремонт. Поэтому была поставлена задача обобщить материалы о размерах и расположении повреждений в корпусных конструкциях и элементах движительных комплексов (гребных винтов, валов и дейдвудных втулок). Для этого были собраны, систематизированы и обработаны материалы 695 докований 90 судов (36 приписаны к порту Находка, 54 — к порту Петропавловск-Камчатский) с суммарным ходовым временем 6016 тыс. ч (таблица).

По корпусным конструкциям устанавливались места образования и параметры остаточных деформаций (вмятины, выпучины и гофры), нарушения целостности металла (трещины и пробоины) и закономерности износа основного металла [1–3].

Остаточные деформации без учета случаев, сопровождавшихся появлением трещин, устранены при 79 (26,7%) докованиях судов, приписанных к Находке, и при 39 (10,9%) докованиях судов, приписанных к Петропавловску-Камчатскому. Они наблюдались практически на всей длине и по всем поясьям, за исключением ширстречного и подширстречного (рис. 1, а). В поясьях 3 и 4 от верхней палубы (ВП) деформации связаны со швартовкой в открытом море, в 5–7 поясьях — ударами об лед и сжатием при швартовке во льдах. Стрелки прогиба f от-

дельных вмятин составляли до 200 мм, но чаще до 60 мм (83%), гофров — до 60 мм. Размеры вмятин по площади были от 460 x 500 до 1600 x 1900 мм и их обычно устраняли заменой деформированных частей конструкций.

Гофры также наблюдались в разных местах по длине и высоте бортов и, как показали обследования конструкций, приводили к ускоренному износу листов наружной обшивки у поперечного набора (шпангоутов), особенно в носовой оконечности. Дефекты устранялись заменой листов, если прогибы превышали допускаемые. Недопустимая гофрировка наблюдалась в носовой части судов первых лет постройки и уменьшилась после установки полушпангоутов. Произошло это из-за того, что первоначально суда предполагалось эксплуатировать на чистой воде, а в Бристольском заливе и Охотском море приходилось работать в ледовых условиях. Швартовка во льдах при наличии качки приводила к сжатию льдин между судами и большим деформациям конструкций.

Частота замены листов наружной обшивки определялась по выражению $f_i = n/N$, где n — число замен в рассматриваемом районе (длина и пояс); $N = 695$ — общее число анализируемых докований.

Поскольку взаимодействие льдин с корпусом носит случайный характер, целесообразно совершенствовать нормативы на допускаемые остаточные деформации и разрабатывать способы компенсации потерянной прочности [4].

Трещины отмечены при 23 ремонтах (6,8%) находкинских и при 23 ремонтах (6,4%) камчатских судов. Из них в 40 случаях трещины наблюдались во вмятинах и в 6 — как усталостные в поле пластин и у концов набора, т. е. все они относятся к группе эксплуатационных. Районы образования и длина трещин указаны на рис. 2. Пробоины были отмечены при шести (1,8%) и четырех (1,2%) докованиях соответственно находкинских и камчатских судов. Они обусловлены неудачными швартовками в открытом море. Таким образом, перечисленные повреждения корпусных конструкций вызваны швартовками судов в открытом море при сильном волнении или работой во льдах. Главная причина их появления — несоответствие реальных условий эксплуатации проектным.

Характеристики износа корпусных конструкций определялись по результатам дефектаций 29 судов (для некоторых по нескольким дефектациям). На рис. 2 показано расчетное распределение средних скоро-

Данные о повреждениях элементов подводной части

Наименование	Находка			Петропавловск-Камчатский		
	Количественное значение	На одно докование	На 1 тыс. ч	Количественное значение	На одно докование	На 1 тыс. ч
Число судов	36	—	—	54	—	—
Возраст (в скобках средний), годы	11–23 (17,4)	—	—	4–20 (11,4)	—	—
Суммарное ходовое время, ч	2978,3	—	—	3037,7	—	—
Количество докований	335	—	—	360	—	—
Количество ремонтов корпусных конструкций	105	0,315	0,035	74	0,26	0,024
Гребной винт:						
трещины в лопастях	26	0,078	0,009	36	0,10	0,012
загиб лопасти	28	0,084	0,009	44	0,12	0,014
облом лопасти	8	0,024	0,003	18	0,05	0,006
вырыв металла лопастей	16	0,051	0,006	26	0,07	0,009
повреждения лопастей от кавитации	48	0,144	0,016	35	0,10	0,012
замена лопастей	74	0,22	0,025	99	0,28	0,033
Гребной вал:						
трещины	8	0,024	0,003	14	0,04	0,005
замена вала	13	0,039	0,004	25	0,07	0,008
замена части или напрессовка рубашки облицовки	105	0,315	0,035	69	0,19	0,023
замена изоляции	50	Н	Н	18	Н	Н
Замена набора дейдвудных втулок	97	0,29	0,033	87	0,24	0,029

Примечание. Н — значения не рассчитывались, так как облицовки раздельные и цельные.

стей износа листов наружной обшивки в поле пластин для ряда судов. Выявлены различия средних значений скоростей износа по длине и поясьям отдельных судов, что в основном обусловлено различными условиями их эксплуатации (плавание во льдах или в тропиках, продолжительность плавания во льдах и т. д.). Повышение средних значений скоростей износа в носовой оконечности несмотря на плавание во льдах не наблюдалось; повышенный износ отмечался лишь у поперечного набора при гофрировке. Это обусловлено истиранием краски и металла у набора льдом и требует повышенного внимания при проведении дефектации. Для подавляющего большинства судов максимальные значения средней скорости износа для поясьев К-9 не превышали 0,1 мм/год, для поясьев 10 и 11 — 0,05 мм/год, для поясьев 12 — 0,03 мм/год. Средние значения скорости износа можно принять следующими (мм/год): килевой, днищевые (п. 1–4), скуловой (п. 5) и бортовые (п. 6–9) поясья — 0,08; надводные (п. 10 и 11) — 0,04; ширстрек (п. 12) — 0,03.

После 11 лет эксплуатации замена листов наружной обшивки из-за износа, в основном у набора, осуществлялась при 33 (10%) ремонтах находкинских судов, на некоторых после 12 лет эксплуатации, и при 7 (1,9%) ремонтах камчатских судов. Районы и частота замены листов обшивки по этой причине показаны на рис. 1, б. В зависимости от

возраста число замен для находкинских судов составило: 12, 16, 19 и 25 лет — по одной; 13, 17 и 24 — по две; 15, 18 и 23 — по три; 22 — четыре; 20 и 21 — по пять. Для камчатских судов показатель составил: после 11, 12, 15 и 16 лет — по одной и 13 — две.

Скорость износа (мм/год) листов настила палуб: главной, в районе 70–130 шп., в среднем составила 0,06 (максимальная — 0,1); верхней в районе 0–30 и 80–140 шп. — 0,05 (максимальная — 0,13); нижней, в районе 50–80 шп., — 0,05 (максимальная — 0,15) и в районе 100–130 шп. — 0,07 (максимальная — 0,15); бака, второго дна (максимальная — 0,07), пеленгаторной палубы платформы, листов поперечных переборок и шпангоутов — 0,05; флоров, шпангоутов и книц форпика — 0,06 и флоров ахтерпика — 0,07. Сопоставление средних скоростей износа с нормативными [2, 5] показало, что фактические меньше.

Анализ результатов расчета фактических скоростей износа листов наружной обшивки для судов, по которым выполняли несколько дефектаций, показал, что возраст судов на них влияет несущественно, большее влияние оказывают условия эксплуатации, качество материалов (металла и красок), технология окрасочных работ и уход экипажа за судном в эксплуатации. Последнее особенно важно для надводных конструкций, которые можно очищать и красить в

период эксплуатации. Наблюдавшееся увеличение скорости износа металла на судах последних лет постройки можно объяснить ухудшением качества основного материала (ускоренные плавка и прокатка приводят к большей структурной неоднородности и наклепу, которые вызывают появление внутренних напряжений, ускоряющих износ) [6–10].

На БМРТ установлены трехлопастные гребные винты регулируемого шага диаметром 2,73 м из латуни ЛМЦЖ 55-3-1,5 и бронзы «Нева-70», в которых за время эксплуатации были отмечены трещины, обломы, загибы, забоины (вырывы) и износ лопастей.

Трещины длиной до 200 мм от кромки и до 100 мм у комля лопастей наблюдали при 62 (8,4%) докованиях (Находка — 7,8 и Петропавловск-Камчатский — 10%) в интервале от 2,8 до 50,5 тыс. ч ходового времени. При этом у комля они зафиксированы в 34 случаях (по 50% для обоих портов приписки), от кромки лопасти — в 20 (55% и 45% соответственно). Размеры трещин для некоторых судов составили: «XVIII съезд» после 37,7 тыс. ч ходового времени, — 40 мм; «Сибиряк» после 30,2 тыс. ч — 100 мм; «Советская Гавань» (29,7 тыс. ч) — 150 мм; «Надеждинск» (24,6 тыс. ч) — 200 мм; «Герней» (8,5 тыс. ч) — 200 и 400 мм; «Мыс Елагина» (43,4 тыс. ч) — 5 мм (у отверстий крепления лопастей); «Петр Овчинников» (24,6 тыс. ч) — 300 мм (у комлей всех лопастей) и т. д. Замена лопастей из-за этого дефекта выполнена при 50 (36% — Находка и 64% — Петропавловск-Камчатский) ремонтах, а в остальных 12 — произведена механическая обработка с наплавкой или без нее.

Обломы лопастей устраняли при 26 (3,7%) докованиях (8 — Находка и 18 — Петропавловск-Камчатский) в интервале от 3,3 до 63,8 тыс. ч ходового времени в основном у комлей (имелись следы наплавки, выполнявшейся для удаления дефектов) и реже по концам из-за ударов о поврежденную насадку («Николай Островский» после 52,3 тыс. ч — облом у комля, «Малки» в 1974 г. — на длине 80 мм; «Пауджа» в 1974 г. — концов всех лопастей; «Коммунист» — после 25,8 тыс. ч — у комля). Разрушение происходило из-за наличия остаточных сварочных напряжений и ударов лопастей о льдины и траловые доски.

Загибы концов лопастей зафиксированы при 72 (10,4%) докова-

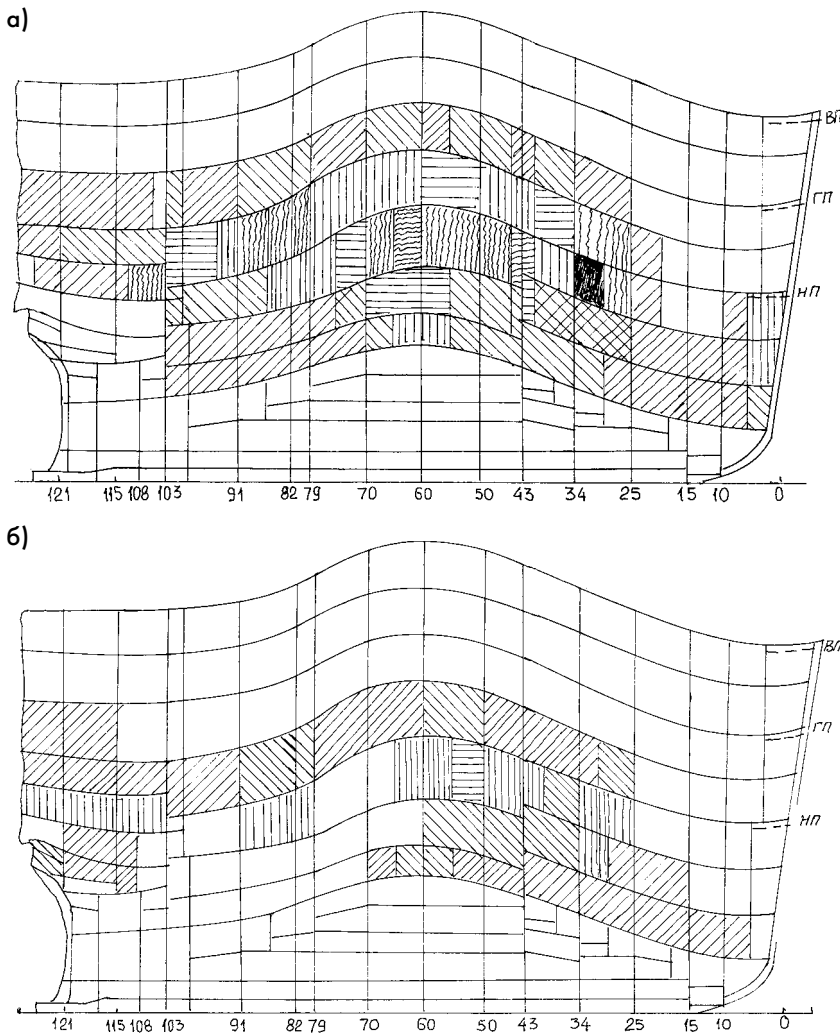


Рис. 1. Частота замены листов с набором по поясьям обшивки корпуса из-за остаточных деформаций (а) и износа (б): \square — 0–0,005; \square — 0,005–0,010; \square — 0,010–0,015; \square — 0,015–0,020; \square — 0,020–0,025; \square — 0,025–0,030; \square — 0,030–0,035; \blacksquare — более 0,045

ниях (Находка — 8,4% и Петропавловск-Камчатский — 12,4%), распространялись они на длину до 400 мм и в основном составляли до 30°. При 33 (46%) ремонтах их устранили заменой лопастей, при 20 (28%) — правкой и при 19 (26%) ремонтах способ устранения установить не удалось. Учитывая, что загиб часто сопровождался трещиной, можно предположить о преобладаании замены над ремонтом.

Забойны (вырывы) металла кромок лопастей отмечены при 42 (6,1%) ремонтах (Находка — 4,8, Петропавловск-Камчатский — 7,2%) и по размерам для некоторых судов составляли (мм): «Революционер» в 1971 г. — 80 x 80; «50 лет ВЛКСМ» в 1973 г. — 100 x 40; «XVIII съезд» в 1984 г. — 20 x 5; «Лучегорск» в 1972 г. — 30 x 180; «Ихтиолог» в 1971 г. — 20 x 35; «Илларион Рябинов» в 1978 г. — длина 300; «Малки» в 1974 г. — глубина 80 и т. д. При

24 (57,5%) ремонтах заменили лопасти, при 14 (33,5%) — дефекты устранили наплавкой или приваркой поврежденной части и при 4 (9%) — способ устранения не выявлен.

Разрушения от кавитации лопастей наблюдались при 83 (12,7%) докованиях (Находка — 14,3 и Петропавловск-Камчатский — 9,8%). Износ по массе (кг) для некоторых судов составлял: «Амурск» в 1979 г. — 20 каждая; «Басагин» в 1979 г. — 25–35 за десять лет эксплуатации; «Печенга» в 1973 г. — 18–22 за пределами 0,6 R после 10 лет; «Федор Крайнов» в 1968 г. — по 10,8 каждая после двух лет; в 1972 г. — по 18 и в 1981 г. — более 5% массы лопасти. Износ в среднем составил от 2 до 5 кг/год по каждой лопасти, что можно объяснить некачественной антикоррозионной защитой: корпус судна выполнен из стали 09Г2, лопасти винта — из цветного металла, т. е. в морской воде созда-

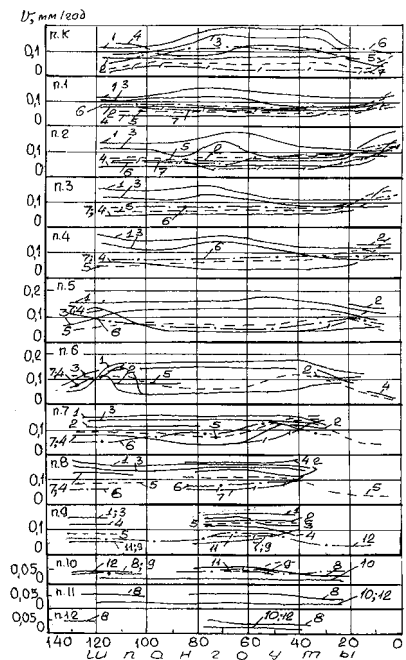


Рис. 2. Распределение скорости износа листов наружной обшивки: 1, 2 — «Галифан Батаршин» (1980 и 1979 гг., 1990 и 1978 гг.); 3 — «Бакаево» (1979 г.); 4 — «Иван Чернопятко» (1983 и 1989 гг.); 5 — «Пограничник Стрельников» (1984 и 1989 гг.); 6 — «Посыет» (1978 и 1984 гг.); 7 — «50 лет ВЛКСМ» (1985 г.); 8 — «Тайшет» (1989 г.); 9 — «Профессор Дерюгин» (1989 г.); 10 — «Аскольд» (1990 г.); 11 — «Федор Крайнов» (1989 г.); 12 — «Марк Решетников» (1989 г.)

валась гальваническая пара. Повреждения при 47 докованиях (Находка — 28 и Петропавловск-Камчатский — 19) устранили заменой лопастей и в 31 случае (соответственно — 22 и 9) — наплавкой. Всего по различным причинам лопасти были заменены при 173 (25%) докованиях (Находка — 22 и Петропавловск-Камчатский — 27,5%).

Гребные валы на БМРТ выполняли с раздельными и цельными облицовками. В них наблюдали трещины (в валах и облицовках), износ облицовок и напессовывавшихся рубашек, нарушение изоляции между облицовками, коррозию валов, в том числе под облицовками и изоляцией, и самих облицовок. Трещины в гребных валах и облицовках (иногда круговые) обнаружили: при восьми (2,4%) докованиях находкинских судов; 14 (3,9%) докованиях камчатских судов в интервале от 11,1 до 64,7 тыс. ч ходового времени. Повреждения в виде трещин выявлялись одновременно в разных местах (у фланца и в облицовке, в облицовке и вале), в двух случаях («Александр Максотов», 1969 г.; «Терней», 1977 г.) — они вызвали

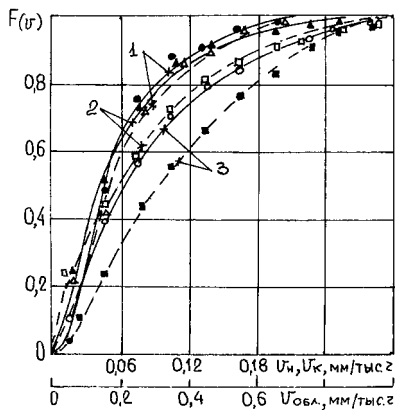


Рис. 3. Распределение скоростей износа облицовок в сальнике (1) и нарастания зазора в носовой (2) и кормовой (3) дейдвудных втулках; ●, △ — облицовка; ▲, □ — носовая втулка; ○, ■ — кормовая втулка; — — Петропавловск-Камчатский; — — — — Находка

разрушение вала, а в четырех — с облицовок переходили на основной вал («Ительмен», 1980 г.; «Иван Рябиков», 1979 г.; «Советские профсоюзы», 1977 г.; «Терней», 1977 г.). При ремонтах заменяли валы или части облицовок, снимали часть облицовки с последующей изоляцией вала в этом месте стеклотканью и очень редко снимали металл до устранения трещины.

Износ облицовок и напрессовывавшихся рубашек — процесс естественный, обусловленный трением и электрохимическими процессами, привел к замене недопустимо изношенных частей на длине до 650 мм при 174 (25%) докованиях. Средние (максимальные) скорости износа металла облицовок составили (мм/тыс. ч ходового времени): сальник — 0,337 (0,96), носовая — 0,029 (0,10) и кормовая — 0,036 (0,16). Полученные средние значения скоростей износа носовой и кормовой облицовок оказались примерно в 2 раза меньше приведенных в работе [3].

Коррозия валов и облицовок отмечена при 5 докованиях находкинских и 16 докованиях камчатских судов. Дефекты при 11 ремонтах (1 — Находка и 10 — Петропавловск-Камчатский) устранили заменой вала или части облицовки, в 10 (3 и 7 соответственно) — удалением части облицовки или проточкой. Этот дефект весьма опасен при расположении под облицовкой или под изоляцией, так как способствует образованию скрытых, трудно обнаруживаемых трещин.

Всего по различным причинам (трещины, износ облицовок, желание

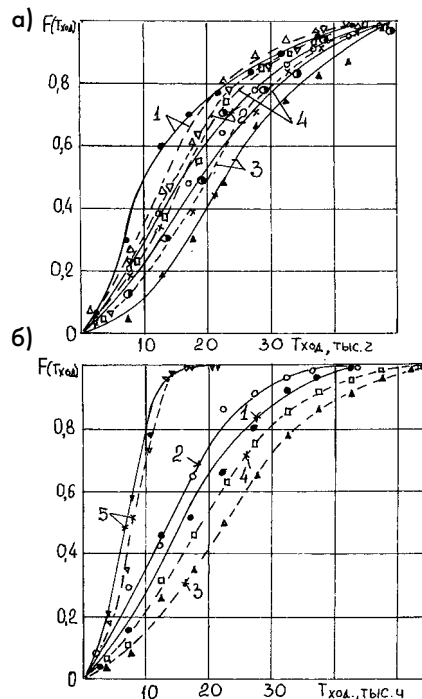


Рис. 4. Распределение ходового времени до появления и устранения повреждений в гребных винтах (а), гребных валах, дейдвудных устройствах и между докованиями (б); — — — — Петропавловск-Камчатский; — — — — Находка

судовладельца, замена гребного винта и т. д.) гребные валы заменили при 13 (3,9%) докованиях находкинских и 25 (6,9%) — камчатских судов.

Для набора втулок дейдвудного устройства применяли материалы ДСП-А, ДСП-Б и капролон, замена которых из-за разрушения выполнена при 30 (9,1%) докованиях (9 — Находка и 21 — Петропавловск-Камчатский) и износа при 154 (43%) докованиях (88 и 66 соответственно) в интервале от 1,9 до 70 тыс. ч ходового времени, но чаще до 50 тыс. ч. Максимальные скорости нарастания зазора в дейдвуде составили до 0,68, но в основном — до 0,3 мм/тыс. ч ходового времени. Средние значения этого показателя для носовой и кормовой дейдвудных втулок при наборе из ДСП составили соответственно 0,089 и 0,12, а при наборе из капролона — 0,040 и 0,073 мм/тыс. ч (рис. 3). С учетом механической обработки при ремонте гребных валов скорости нарастания зазоров в дейдвуде увеличивались в 1,1—1,2 раза против указанных выше. Скорости износа облицовок гребных валов в сальнике составляли до 1,0 мм/тыс. ч, но чаще — до 0,7, при среднем значении 0,34 мм/тыс. ч. В носовой и кормовой дейдвудных втулках скорости

износа облицовок в среднем составили соответственно 0,029 и 0,036 мм/тыс. ч, т. е. почти в 10 раз меньше, чем в сальнике.

Среднее ходовое время до устранения повреждений в гребном винте (рис. 4, а, кривая 1) составило 12 тыс. ч, до замены лопастей (кривая 2) — 15, ремонта лопастей из-за износа (кривая 3) — 22 и появления трещин (кривая 4) — 18 тыс. ч; до замены облицовки гребного вала (рис. 4, б, кривые 1 и 3) — 17 и 23, замены набора дейдвудных втулок (кривые 2 и 4) — 14 и 20 тыс. ч и между докованиями (кривая 5) — 9,9 тыс. ч. Среднее время до устранения повреждений во всех случаях оказалось больше времени между докованиями.

Результаты работы показали, что все повреждения относятся к эксплуатационным, а это свидетельствует о необходимости более детальных исследований условий плавания. Последнее объясняет различие показателей для находкинских и камчатских судов: первые в анализируемый период эксплуатировались в Охотском море, Бристольском заливе и у берегов Австралии и Новой Зеландии, вторые — только в Охотском море и Бристольском заливе.

Литература

1. Руководство по техническому надзору за судами в эксплуатации. Л.: Транспорт, 1986.
2. Методика оценки технического состояния корпусов судов флота рыбной промышленности. РД 15-120-90. Калининград, 1990.
3. Комплексная система технического обслуживания и ремонта судов. Методика дефектации корпусов морских транспортных судов. РД 31-28-30. 88. М.: В/О «Мортехинформреклама», 1988.
4. Шемендюк Г. П., Бабцев В. А., Луценко В. Т. О допускаемых эксплуатационных повреждениях при дефектации корпусов судов // Судостроение. 1986. № 8.
5. Правила постройки и классификации морских судов. Регистр СССР. Л.: Транспорт, 1996.
6. Стеклов О. И. Прочность сварных конструкций в агрессивных средах. М.: Машиностроение, 1976.
7. Виноградов В. В., Гавриш П. И. Износ и надежность винторулевого комплекса судов. М.: Транспорт, 1970.
8. Луценко В. Т., Шарапов Ю. Т. Опыт продления срока межремонтной эксплуатации лесовоза «Терней» // Оптимизация сварных судовых конструкций. Материалы по обмену опытом. Вып. 25. НТО имени акад. А. Н. Крылова. Владивосток, 1988.
9. Луценко В. Т. Определение сверхнормативного срока службы плавбазы «Советская Россия» // Судоремонт флота рыбной промышленности. 1987. № 63.
10. Луценко В. Т. О возможности увеличения нормативных сроков эксплуатации КПБ типа «Владивосток» // Морской инженерный сервис. 1991. № 1.

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОТДЕЛ

СОЗДАНИЕ И РАЗВИТИЕ ПРИМОРСКОГО ЦКБ

История Приморского центрального конструкторского бюро тесно связана с производственной деятельностью и с историей Дальзавода, чья производственная программа в первую очередь определяла характер и направление деятельности Приморского ЦКБ.

В 1885 г. на месте мастерских Военного порта во Владивостоке был заложен Морской завод — ныне ОАО «Холдинговая компания Дальзавод». Он предназначался для строительства и ремонта кораблей Тихоокеанской эскадры и Сибирской флотилии. Спустя два года после закладки завода при нем был создан конструкторский или, как тогда называли, чертежный отдел. Этот отдел рос и развивался вместе с заводом и, наконец, в 1950 г. на его базе создали самостоятельное центральное конструкторское бюро. Деятельность конструкторских служб завода до реорганизации их в ЦКБ можно разделить на следующие периоды.

Создание российских военно-морских сил на Тихом океане (1887—1917 гг.). В это время конструкторский отдел вел техническое обслуживание завода по строительству, модернизации, переоборудованию и ремонту кораблей. Так, в 90-х годах прошлого столетия завод модернизировал и переоборудовал ряд старых кораблей, в том числе паровые военные шхуны «Тунгуз» и «Ермак», канонерские лодки «Нерпа», «Соболь», «Сивуч» и крейсер «Адмирал Корнилов». На двух последних были заменены паровые котлы. В период русско-японской войны 1904—1905 гг. завод устранял боевые повреждения и неисправности кораблей и судов, в том числе ремонтировал крейсера «Россия», «Рюрик», «Богатырь» и «Громобой».

Восстановление промышленно-транспортного флота на Дальнем Востоке (1922—1932 гг.). В эти годы



Первый начальник Приморского ЦКБ
П. П. Пустынец

Дальзавод построил, в основном, по проектам заводского конструкторского бюро несколько сотен судов.

В 1925—1926 гг. был разработан проект стального клепаного буксира типа «Ж», ставшего родоначальником проектов буксиров «ЖС», «КЖ» и др., по проектам которых были построены на Дальзаводе, Владивостокской судовой верфи, Камчатской судовой верфи, на судостроительных заводах Улан-Удэ, Благовещенска, Николаевска-на-Амуре и на других заводах сотни буксиров.

С 1930 г. по инициативе и под руководством профессора В. П. Вологодина начинается постройка первых в СССР цельносварных судов. Первым таким судном стал буксирный катер «Ж», получивший индекс «ЖС»; его конструктором был инженер Р. А. Гребенщиков. Постройка первого цельносварного судна показала большие технико-экономические преимущества электросварки перед клепкой. Так, масса сварного корпуса по сравнению с клепаным была снижена на 22% за счет пере-

вода ряда конструктивных элементов корпуса с клепки на сварку. Сокращение рабочего времени по всем группам корпусных работ составило 31,4% по сравнению с клепаным аналогичным буксиром типа «Ж». После успешной постройки сварного буксира завод по чертежам конструкторского отдела начал постройку серийных цельносварных буксиров типа «ЖС» и барж различной грузоподъемности. Таким образом, конструкторский отдел и Дальзавод, где техническим директором (главным инженером) был профессор В. П. Вологдин, явились основателями отечественного цельносварного судостроения.

В этот же период конструкторский отдел разрабатывал техническую документацию по восстановлению и ремонту первых военных кораблей на Тихом океане, в том числе сторожевых кораблей «Красный выпел» (бывший «Адмирал Завойко») и «Воровский» (бывшая «Ярославна»), нескольких эсминцев, а также разрабатывал документацию по переоборудованию рыболовных судов и буксиров в тральщики.

Воссоздание тихоокеанского флота (1932—1945 гг.). Вскоре после посещения в 1931 г. завода наркомом обороны СССР К. Е. Ворошиловым, Дальзавод приступил к выполнению огромной и особо важной для страны работы — воссозданию военно-морского флота на Тихом океане.

В связи с этим в 1931 г., наряду с существовавшим заводским конструкторским бюро, было принято решение о создании на заводе специального конструкторского бюро (СКБ) для осуществления технического руководства при постройке боевых надводных кораблей и подводных лодок.

В 1938 г. конструкторское бюро и СКБ объединили в единое конструкторское бюро со специализи-

рованными секторами. В 1940 г. на заводе объединили конструкторские и технологические отделы, заводские лаборатории и экспериментальные мастерские в технический отдел. Первым его начальником стал Б. Е. Бутома — будущий министр судостроительной промышленности.

С этого момента вся техническая политика подготовки производства сосредотачивается в техническом отделе Дальзавода. Основная техническая документация по сборке и достройке, а частично и строительству надводных и подводных кораблей, разрабатывалась проектно-конструкторскими бюро, находящимися в Ленинграде. Конструкторские службы Дальзавода обеспечивали техническое обслуживание при постройке кораблей, разрабатывали документацию по модернизации кораблей, осуществляемой в процессе постройки, разрабатывали сдаточную и отчетную документацию, а также частично перевыпускали рабочую построечную документацию. Первая подводная лодка типа «М» собрана и достроена Дальзаводом в 1932 г. Всего с 1932 по 1945 гг. завод сдал 106 подводных лодок, в том числе: малых подводных лодок типа «М» IV серии — 21 ед., XII серии — 12 ед., XV серии — 15 ед.; средних подводных лодок типа «Щ» V серии — 12 ед., V-бис серии — 13 ед., V-бис-2 серии — 4 ед., X серии — 6 ед., X-бис серии — 4 ед.; средних подводных лодок типа «С» IX-бис серии — 6 ед.; подводных минных заградителей типа «Л» XI серии — 6 ед., XIII серии — 7 ед.

В 1939—1942 гг. заводом построены и сданы ВМФ эсминцы (пр. 7) «Рьяный», «Резвый», «Рекордный», «Разумный», «Разящий», «Резкий».

В конце 30-х — начале 40-х годов на заводе построены сторожевые корабли «Молния» и «Зарница» (пр. 39), «Метель», «Вьюга», «Гром» и «Буран» (пр. 4). Одновременно со строительством кораблей и судов Дальзавод производил ремонт и модернизацию лидеров «Баку» и «Тбилиси» (пр. 38).

В годы Великой Отечественной войны Дальзавод по документации конструкторских служб провел огромную работу по вооружению большого количества судов торго-

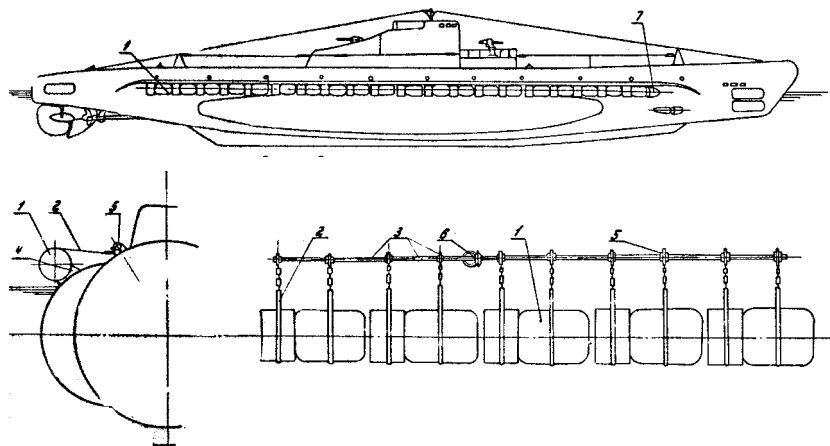


Схема расположения, привода, крепления и сброса мин подводного минного заградителя на базе средней подводной лодки типа «Щ» V серии с бортовым минным устройством:

1 — мина ПЛТм; 2 — крепящий гибкий бугель; 3 — валикопровод; 4 — ложемент; 5 — подшипниковый узел с кулачком и откидным гаком; 6 — привод поворота валикопровода (привод сброса); 7 — носовой обтекатель

вого, промыслового и ледокольного флотов.

Многие боевые корабли, построенные на Дальзаводе, приняли активное участие в Великой Отечественной войне против фашистской Германии (1941—1945 гг.), а также в войне против империалистической Японии при освобождении Курильских островов, Сахалина, Северной Кореи, портов Дальний и Порт-Артур в Китае.

Для проводки лидера «Баку», эсминцев пр. 7 «Разумный», «Ревностный», «Резкий» и «Разъяренный», а также подводных лодок типа «С», «Л» и «Щ» из Владивостока в Мурманск и Полярный по Северному морскому пути СКБ разрабатывало техническую документацию для предохранения их корпусов от ледовых повреждений, чертежи так называемых «ледовых шуб».

По личной инициативе А. П. Соловьева, Л. В. Калачевой и В. Г. Желтовского в короткое время был разработан технический и рабочий проект подводного минного заградителя на базе средней подводной лодки типа «Щ» V серии. В. Г. Желтовский и работники технического отдела в качестве строителей в 1942 г. обеспечили изготовление деталей и узлов бортового минного устройства, монтаж его на подводной лодке «Щ-101», провели швартовные, заводские и ходовые испытания. Проект позволял брать на лодку дополнительно 40 мин, что значительно

увеличило боевую мощь подводных лодок этого типа.

Получив положительные результаты, одобренные командованием ТОФ, технический отдел завода разработал проект бортового минного устройства для средних подводных лодок типа «Щ» X-бис и малых подводных лодок типа «М» XII серии. Дальзавод изготовил и смонтировал эти устройства в 1943 г. на 20 подводных лодках. Четыре малые подводные лодки типа «М» XII серии в 1944 г. по железной дороге были направлены на Черноморский флот.

В годы Великой Отечественной войны отлаженная работа центральных конструкторских бюро и научно-исследовательских институтов страны была нарушена. В связи с этим на конструкторские службы завода частично легла задача по отработке на кораблях ТОФ новой техники (обесшумливание подводных лодок, установка новейших гидроакустических и радиолокационных станций, другого вооружения), а затем — по внедрению этой техники на кораблях, принимавших участие в военных действиях.

Значительный вклад в дело воссоздания ТОФ и укрепление обороноспособности страны внесли работники конструкторских служб завода, в том числе Б. Е. Бутома, П. П. Пустынцев, А. П. Соловьев, А. П. Чермных, А. М. Спасский, В. Г. Желтовский, Л. М. Привалов, А. И. Помазан, Б. А. Децин, Г. Д. Не-

чипоренко, В. А. Монид, К. А. Череватый, И. И. Ромицын, К. И. Черенов, Р. В. Свиньин, Б. С. Карпенко, О. Л. Путятин, А. Д. Чуркин, К. Г. Галимханов, К. А. Кожемякин, П. В. Чуйко, В. П. Мурованный, В. А. Флорианский, Г. А. Чурсин, А. П. Сибиряков, Г. З. Поддубный и многие другие.

Совершенствование конструкторских служб завода (1945—1950 гг.). В 1948 г. технический отдел завода был реорганизован в самостоятельные подразделения: отдел главного конструктора, отдел главного технолога, отдел заводских лабораторий.

Начальником отдела главного конструктора назначили П. П. Пустынцев. В составе отдела находились: механическое бюро надводного судостроения; корпусное бюро надводного судостроения; бюро подводного судостроения; проектно-расчетное бюро; бюро стандартизации и нормализации.

В этот период конструкторские службы переходят на разработку технической документации по модернизации, переоборудованию и ремонту боевых кораблей — крейсеров пр. 26-бис типа «Калинин», подводных лодок; по восстановлению и переоборудованию трофейных кораблей бывшего японского флота, а также по ремонту транспортных и промысловых судов, линейных ледоколов типа «И. Сталин» и «Северный полюс».

Создание ЦКБ-202. Послевоенный период характеризуется не только ростом судостроительного производства, но и развитием судоремонта. Для централизации и проведения единой технической политики в судоремонте при Главном управлении судоремонта создавались центральные и специализированные судоремонтные конструкторские бюро — в Ленинграде, Севастополе, Владивостоке.

В 1949 г. постановлением Совета Министров СССР № 4748 от 15 октября в целях разгрузки центральных конструкторских бюро Министерства судостроительной промышленности от проектно-конструкторских работ по модернизации, переоборудованию судов и кораблей, особенно базирующихся на Тихом океане, было решено создать новое ЦКБ. На основании этого постановления приказом



Спуск со стапелей Дальзавода головного танкера для сбора, хранения и транспортировки жидких радиоактивных отходов (1965 г.), главный конструктор — Л. Ш. Эйделькинд

№ 986 министра судостроительной промышленности от 19 ноября 1949 г. было учреждено ЦКБ-202, ныне Приморское ЦКБ, которое начало свою производственную деятельность 1 января 1950 г.

Бюро возглавил главный конструктор завода П. П. Пустынцев — выпускник механического факультета Дальневосточного политехнического института (ДВПИ) 1932 г. Главным инженером был назначен А. П. Чермных — заместитель главного конструктора Дальзавода, выпускник ДВПИ 1937 г. Начальниками отделов и секторов стали квалифицированные специалисты, прошедшие хорошую проектно-конструкторскую и технологическую школу в СКБ и техническом отделе Дальзавода: А. М. Спасский, Б. А. Децин, С. М. Дмитриев, В. Г. Желтовский, В. П. Поповиченко, О. Л. Путятин, А. Д. Чуркин, В. А. Флорианский, П. П. Родкин, Б. С. Карпенко, В. А. Монид, В. И. Леонов, Н. Н. Чуркина, Г. Д. Нечипоренко, Л. Ш. Эйделькинд и другие. Эти специалисты имели достаточно большой практический опыт, обладали организаторскими способностями, под их руководством ЦКБ росло и развивалось.

В 1952 г. начальником ЦКБ стал главный строитель бюро подводного судостроения Дальзавода В. Ф. Новиков — выпускник Ленинградского кораблестроительного института 1937 г.

Приморское ЦКБ. С июня 1957 г. ЦКБ-202 было передано из расформированного Министерства судостроительной промышленности в подчинение Приморского Совета народного хозяйства и стало именоваться Приморским ЦКБ.

За период существования Приморского ЦКБ многие работники,

начав работать конструкторами, выросли до руководителей секторов и отделов, активно способствовали техническому прогрессу в судостроении и судоремонте. К таким новаторам тех лет можно отнести В. Ф. Новикова, А. П. Чермных, П. П. Родкина, Г. Д. Нечипоренко, Л. С. Лихачеву, Ю. Н. Гамаюнова, П. Г. Гришко, А. А. Гундобина, Н. С. Простокишина, В. С. Антоненко, М. Т. Чашкова, а также ныне работающие А. В. Вершинина, Н. В. Распутного, Ю. Г. Пивоварова, К. Ф. Петрищева, В. Г. Образцова, Г. А. Ткачук и многих других.

Сотрудники бюро В. Ф. Новиков, С. М. Дмитриев, А. И. Помазан, П. К. Полушко, П. Г. Гришко, Б. А. Децин, А. А. Гундобин, Л. Ш. Эйделькинд и другие направлялись для оказания технической помощи в области судостроения и судоремонта в Болгарию, ГДР, Ливию, КНДР, Китай, Индию, Индонезию.

В послевоенный период сотрудники Приморского ЦКБ защитили ученые степени по профилю работы бюро: доктора экономических наук — В. И. Гладун, кандидата экономических наук — И. Д. Креймер, кандидата технических наук — А. А. Гундобин, М. Т. Чашков, Ю. Г. Пивоваров. Профессор А. А. Гундобин плодотворно работал с учеными Дальневосточного политехнического института — Н. В. Барабановым, Г. П. Турмовым, Ю. Н. Павлюченко и другими, участвовал в разработке методических указаний по выполнению курсовых и дипломных работ, циклов лекций по теории корабля, непотопляемости, живучести и прочности.

Наиболее значимым является вклад Приморского ЦКБ в укрепление обороноспособности страны за последние 50 лет, когда была разработана проектно-конструкторская документация на постройку, модернизацию, переоборудование и ремонт многих кораблей и судов ВМФ.

В 1950 г. были выполнены проекты капитального ремонта и модернизации сторожевых кораблей и базовых тральщиков. По разработанной документации Дальзавод выполнил капитальный ремонт сторожевого корабля «Капсюль» и базовых тральщиков «Гарпун» и «Параван».

В 1951 г. разрабатывались проекты переоборудования тро-

фейных кораблей бывшего японского флота: миноносцев в эскортные корабли.

В 1951—1953 гг. были выполнены проекты переоборудования, модернизации и ремонта: больших охотников БО-315, БО-319 и БО-332; сторожевых кораблей «Держинский», «Киров» и «Воровский»; базовых тральщиков «Проводник», «Чека» и др.

С 1959 г. для обеспечения среднего, гарантийного и текущего ремонта и модернизации выпускалась документация для крейсеров пр. 68-бис типа «Александр Суворов», эсминцев пр. 30 и 30-бис (около 20 кораблей), сторожевых кораблей пр. 50 и др.

Приморское ЦКБ выполнило и ряд проектов модернизации, переоборудования и ремонта подводных лодок ВМФ. В 1950 г. по заказу ГУК ВМФ был разработан эскизный проект переоборудования подводной лодки типа «С» IX-бис серии, на основании которого в 1951 г. подготовили технический проект этого переоборудования. В 1952 г. ЦКБ выполнило корректировку технического проекта по вновь утвержденному ВМФ и Министерством судостроительной промышленности техническому заданию.

В последующие два года бюро разработало рабочий проект переоборудования подводной лодки типа «С» IX-бис серии. С 1954 г. Дальзавод, Севастопольский и Потийский заводы приступили к внедрению этого проекта. В результате переоборудования подводные лодки данного типа значительно улучшили

свои тактико-технические элементы и соответствовали лучшим образцам подводного кораблестроения того времени.

В 1955 г. по заказу Технического управления ТОФ бюро разработало уникальный проект переоборудования средней подводной лодки IX-бис серии в плавучую самоходную станцию для зарядки аккумуляторов подводных лодок; по этому проекту переоборудовали три подводные лодки. В 1953 г. по заказу ГУК ВМФ бюро выполнило корректировку технического проекта модернизации подводной лодки XIII серии, а затем разработало рабочие чертежи, по которым осуществляется модернизация подводных лодок на Дальзаводе.

Одновременно ЦКБ выполнило большой объем работ по разработке технических условий на ремонт корпусных конструкций, устройств, механизмов и вооружения подводных лодок IX, XI, XIII серий, пр. 613 и др.

В 1956 г. бюро осуществило «привязку» документации переоборудованной большой подводной лодки пр. 611 под комплекс ракетного оружия (пр. АВ 611), разработанный ЦКБ-16.

В 1963 г. разработан рабочий проект переоборудования подводных лодок пр. 613 для передачи их Индонезии, по которому Дальзавод переоборудовал четыре подводные лодки.

В 1966 г. выпущена документация на переоборудование подводных лодок пр. 641 для обучения личного состава ВМС Индии.

В 1963—1964 гг. ЦКБ разрабатывает документацию на комплексную технологию текущего докового ремонта атомных подводных лодок пр. 658, 659, 675 для судоремонтного завода «Звезда» в Большом Камне.

В 1965 г. разрабатываются технические условия на ремонт подъемно-мачтовых устройств, главного турбозубчатого агрегата для атомных подводных лодок пр. 659, 675.

С 1960 г. по настоящее время ЦКБ разработало настоящие чертежи для ремонта подводных лодок пр. 613, 613В, 633, 644, 611, 629А, 611 («Рубин», «Енисей»), АВ611, 641, 665, 651, 940, 877 всех модификаций и др.

Разрабатывая проектно-конструкторскую и рабочую документацию на модернизацию, переоборудование и ремонт надводных кораблей и подводных лодок, Федеральное государственное унитарное предприятие «Приморское ЦКБ» и сейчас продолжает содействовать поддержке современного технического уровня ВМФ страны.

Литература

Дальзаводцы. 1887—1987. Владивосток: Дальневост. кн. изд-во, 1987.

Платонов А. В. Советские боевые корабли 1941—1945 гг. ч. III. Подводные лодки. СПб.: Альманах «Цитадель», 1996.

Резунов Л. Н. Дальзаводу — 100 лет // Технология судостроения. 1987. № 8.

Удовиченко Ю. Н. Развитие судоремонта на Дальнем Востоке // Технология судостроения. 1987. № 8.

В. Г. Желтовский, **А. В. Вершинин**
(ФГУП «Приморское ЦКБ»),
Ч. Ч. Петрович (ДВГТУ)

ЖУРНАЛУ «ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЕ» — 20 ЛЕТ



В январе 1979 г. вышел первый номер журнала «Двигателестроение». Он сразу привлек внимание специалистов — его авторами стали ученые и инженеры более чем 25 министерств и ведомств. За два десятилетия только в двух его разделах — «Исследования и испытания двигателей» и «Конструирование и расчет двигателей» — опубликовано свыше 800 статей. Журнал читали более чем в 20 странах.

В 1991 г. учредителем журнала стал Центральный научно-исследовательский дизельный институт (ЦНИДИ), так как издательство «Политехника» из-за недостатка средств отказалось от его выпуска. Находясь тоже в тяжелом финансовом положении, ЦНИДИ, тем не менее, предпринял все возможные меры, чтобы сохранить издание. Ведь на его базе с 1932 по 1940 гг. уже существовала редакция журнала «Дизелестроение». О сложности положения говорит хотя бы тот факт, что в 1992—1993 гг. было издано по два номера, а в 1994—1995 гг. — даже по одному журналу в год. И все же журнал, редакцию которого сформировали из сотрудников ЦНИДИ, выстоял. С 1996 г. он выходит ежеквартально.

Поздравляем редакцию со знаменательной датой и желаем творческих успехов.

Редакция журнала «Судостроение»

международный
деловой центр

офисы (812) 324-4601
отель (812) 324-4610
факс (812) 324-4611

НЕПТУН



Прекрасный вид на парк
Рядом с метро "Пушкинская"
Новые офисы со свободной планировкой
Телекоммуникации мирового уровня
Отель "Best Western Neptune"
Спортивный комплекс
Боулинг
Ресторан "Гольфстрим"
Круглосуточная охрана
Охраняемая парковка

Санкт-Петербург
наб. Обводного канала 93а

bc@neptun.spb.ru
www.neptun.spb.ru



В XXI век — на планете бизнеса!



ВЫСТАВКА «НЕВА-99»



Пятая международная выставка по судостроению, судоходству и разработке шельфа «Нева-99», состоявшаяся 22–23 сентября 1999 г. в Санкт-Петербурге, собрала в павильонах выставочного комплекса в гавани Васильевского острова более 350 фирм из 30 стран. Она проводилась при поддержке Департамента судостроительной промыш-

техническая конференция и семинары, на которых отечественные и зарубежные специалисты выступали с докладами по следующей тематике: «Судостроение, судоходство, оборудование морских платформ и обеспечение их работу плавсредств», «Морские суда. Новые требования и их реализация», «Морские перевозки, строительство, ре-

ских платформах», «Специальное оборудование судов обслуживания, требования к нему и опыт эксплуатации», «Обитаемость морских платформ с учетом климатических зон их эксплуатации».

В рамках международной выставки «Нева-99» состоялся «круглый стол» на тему «Военно-Морской Флот России в 21 веке, вопросы и перспективы развития». Здесь обсуждалась, в частности, концепция проведения в 2003 г. в Санкт-Петербурге Международного военно-морского салона. Военно-морская техника является важной частью экспорта военной продукции России. А в городе на Неве сосредоточена значительная часть научного, проектного и производственного потенциала кораблестроительной промышленности страны. Новая выставка должна продемонстрировать этот потенциал.

Подобные выставки регулярно проводятся за рубежом: EURO-NAVAL — во Франции, EXPONAVAL — в Чили, DEFENDORY — в Греции, DEFEXPO — в Индии, LIMA — в Малайзии, DEFENCE ASIA — в Таиланде, IDEX — в Абу-Даби (ОАЭ), BALT MILITARY EXPO — в Польше и др. При этом они обычно привлекают значительное количество фирм-участниц и посетителей, принося их организаторам определенный доход. Демонстрируемая новейшая военная



Во время открытия международной выставки «Нева-99»

ленности Минэкономики РФ, Союза производителей нефтегазового оборудования, ЦНИИ им. академика А.Н.Крылова, ЦКБ МТ «Рубин», Ассоциации морских торговых портов, Союза российских судовладельцев, Ассоциации сварщиков, ЦНИИ СЭТ, Морского порта Санкт-Петербурга, Главного штаба ВМФ, Комитета по рыболовству РФ, ИПТ Российской Академии наук, администрации Санкт-Петербурга, а также при участии ИМО ООН и экспортных советов правительств Норвегии, Дании, Финляндии, Германии, Великобритании, Швеции, Хорватии, Украины, стран Балтии. Как отмечали на пресс-конференции организаторы выставки — АО «Ленэкспо», АО «Транстех-Нева Эксбишнс» (Санкт-Петербург) и Dolphin Exhibitions (Великобритания) — число участников из России и Украины возросло примерно на 20% по сравнению с предыдущей выставкой в 1997 г.

Одновременно с выставкой проходила представительная научно-

конструкция и деятельность морских портов», «Флот, заводы, инвестиции», «Перспективы развития скоростных грузовых и пассажирских судов и их пропульсивных комплексов», «Энергетика на судах и мор-



У стенда ОАО «Балтийский завод»



ЗАО «Редан-КБ» — проектант и строитель малых судов и катеров различного назначения

техника, безусловно, привлекает внимание всего мира к городам, где проводятся выставки.

Военное кораблестроение России — прежде практически закрытая отрасль — сможет в полной мере на такой специализированной выставке продемонстрировать свои разработки, образцы продукции, морское оружие, а гавань выставочного комплекса Ленэкспо просто создана для показа кораблей.

Идея инициативной группы по организации Международного военно-морского салона поддержана администрацией Санкт-Петербурга. Распоряжением губернатора № 874-р от 2 сентября 1999 г. создана рабочая группа по организации салона в 2003 г. Новая выставка, несомненно, станет украшением города на Неве в год его 300-летнего юбилея.

Выставка «Нева-99» — это, безусловно, важнейшее событие в отечественном судостроении, которое не только продемонстрировало возможности отрасли, но и предлагало разнообразные пути для сотрудничества с ведущими зарубежными фирмами. Не случайно поэтому официальный каталог выставки включал в себя материалы по анализу российского рынка.

В судостроительном секторе страны работает около 1,5 млн. чел. Экспортные возможности отрасли после 2000 г. оцениваются не менее чем в 10 млрд дол. в год. При этом экспорт военных кораблей может составить 20—30% объема ми-

рового рынка (ок. 10 млрд дол.), а торговых судов — 1% (300—400 млн дол.). По данным ЕБРР, объем рынка инвестиций в судостроении России в 1996—2000 гг. при благоприятных условиях оценивался в 10—13 млрд дол., т. е. 5—7% от общей суммы требуемых капиталовложений в мировой морской рынок.

Согласно государственным программам обновления флота стране требуется 499 морских транспортных судов, 297 речных судов, 30 судов арктического плавания и плавсооружений. Это представляет широкие возможности зарубежным партнерам—поставщикам судового оборудования. Доля импортного оборудования на новых отечественных судах оценивается следующим образом: спасательное оборудование — 70%, вспомогательные дизель-генераторы — 60%, судовые краны и насосы — 50%, лебедки и подруливающие устройства — 30%, навигационная аппаратура — 20%. Имеются условия и для производства судового оборудования на основе лицензионных соглашений, путем создания совместных производств с иностранными фирмами, которые при этом могут обеспечить продукции международную сертификацию, а также предоставить сервисное обслуживание по всему миру.



ЦМКБ «Алмаз» — создатель проектов скоростных кораблей военного и гражданского назначения



Финская фирма Rautaruukki Steel — поставщик стального проката для судостроения

Широкое поле для сотрудничества представляет проект «Верфи Санкт-Петербурга» по реструктуризации и реконструкции основных судостроительных предприятий города с созданием современного конкурентоспособного судостроительного комплекса мирового уровня на территории «Северной верфи» с переносом в него основного производства «Балтийского завода» и надводного судостроения с «Адмиралтейских верфей». Это позволит строить суда дедвейтом до 100—120 тыс. т. Правительство гарантирует стратегическим инвесторам проекта право на пользование высвобождающейся землей на 49 лет (подробнее — см. «Судостроение», 1999 г., № 4, стр. 71—73).

Все возрастающее значение для судостроительной отрасли получают работы, связанные с созданием технических средств освоения морского шельфа. Долгосрочные прогнозы показывают, что уже в 21 веке возможна нехватка нефти в стране из-за вероятного снижения ее добычи в Сибири и Каспийском регионе. В то же время огромная площадь российского континентального шельфа (ок. 6 млн км² до 200 м изобаты) примерно на 70% перспективна на нефть и газ. Потенциальные запасы оцениваются в 70 млрд т. При этом производственные затраты на морскую добычу по прогнозным оценкам к 2015—2020 гг. будут соизмеримы с расходами на наземных месторож-



Стенд словацкий верфи Slovenske Lodenice (Комарно)

дениях. Россия стоит перед необходимостью создания флота для нефте- и газодобычи, круглогодичного обслуживания арктических месторождений. Такие суда и плавсооружения, особенно для Арктики, должны выдерживать неблагоприятные климатические условия, быть достаточно автономными и обеспечивать необходимые условия обитания и живучести с учетом удаленности береговых баз и практически невозможности получения быстрой помощи в аварийных ситуациях. С учетом уязвимости окружающей сре-



Лодки и катера типа «Мастер» из алюминиевого сплава — продукция ГУП «Адмиралтейские верфи»

ды в Арктике, должно быть сведено к минимуму количество сбрасываемых в море отходов.

На шельфе Сахалина уже реализуются проекты «Сахалин-1» и

«Сахалин-2»; начаты работы по проектам «Сахалин-3,4,5,6». Расчетный средний объем добычи по этим проектам нефти и конденсата в 2005 г. — 16 млн т, в 2020 — 32 млн т; газа — соответственно 15,5 и 99,8 млрд м³. Финансирование проектов осуществляется банками, государством и нефтяными компаниями. Обратные выплаты — за счет дохода от экспорта нефти и газа. По экспертным оценкам, потребности зарубежных потребителей в сахалинском газе в 2005 г. могут составить 70—100 млрд м³, а в 2010 г. — до 200 млрд м³. Зарубежным потребителям нефти в регионах Тихого океана и Дальнего Востока в 2020 г. возможно потребуется 445 млн т. Таким образом, около 50% добычи будет экспортироваться.

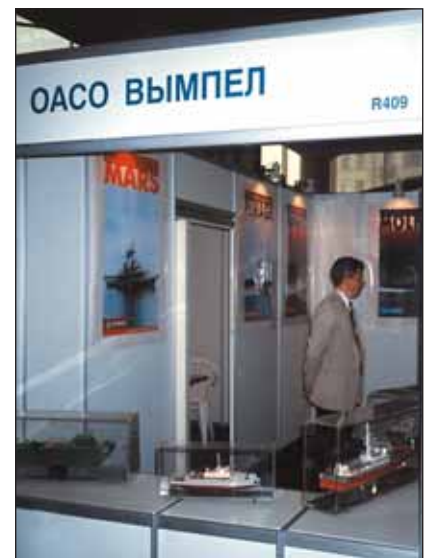
Для Штокмановского и Приразломного месторождений на арктическом шельфе строятся буровые установки и платформы. В целом Евро-Арктический регион с территорией в 1,5 млн км² и уже открытыми 40 месторождениями имеет потенциал 40—45 млрд т, из которых нефть может составить 25—30% от общего объема добычи в 2000—2025 гг.

Развитие рыболовного флота в целом обуславливается государственной программой «Рыба», которая, в частности, предусматривает переориентацию океанского рыболовного промысла в те районы, которые являются исключительно российскими экономическими зонами (они должны обеспечить до 70% общего годового улова); расширение внутреннего рыболовства; обеспечение рыболовства в зарубежных

прибрежных зонах на уровне 650 тыс. т в год; добычу примерно 350 тыс. т рыбы в год в открытых районах Мирового океана.

Обновление флота будет вестись путем постройки судов средних и малых размеров, а также модернизации существующих судов. Поскольку инвестиции из госбюджета составят 10—20% от требуемого объема средств, предполагается широкое использование лизинга, обмен готовой рыбной продукции на необходимое оборудование. Всего же рыбакам требуется 261 судно.

Выставка «Нева-99» вызвала большой интерес у специалистов. Однако после ее завершения продолжает существовать виртуальная «Нева» на промышленном корпоративном web-сайте в сети Internet, учредителями которого стали



ОАСО «Вымпел» строит патрульные и ракетные катера, пожарные суда и траулеры, буксиры и научно-исследовательские суда

ЦНИИ СЭТ, ЗАО «Транстех-Нева Эксибишнс», агентство «ТехноМедиа» (издательство «Элмор») и Dolphin Exhibitions. На страничке «Невы» (<http://www.setcorp.ru/neva>) содержатся общие сведения о выставке и постоянно обновляемая информация о ее участниках, в том числе потенциальных.

Следующая выставка «Нева-2001» пройдет в сентябре 2001 г. в Санкт-Петербурге — на ней будет отмечаться 10-летие с момента организации первой «Невы», состоявшейся в 1991 г.

Фото А. Н. Хаустова,
О. Е. Гуляева

ИСТОРИЯ СУДОСТРОЕНИЯ

ВООРУЖЕНИЕ СУДОВ ЛЕДОКОЛЬНОГО ОТРЯДА БЕЛОМОРСКОЙ ВОЕННОЙ ФЛОТИЛИИ

К. Д. Смирнов

С первых дней Великой Отечественной войны (1941—1945 гг.) на повестке дня стоял вопрос о необходимости надежной защиты коммуникаций в Арктике и на Белом море, о повышении значения трассы Северного морского пути (СМП), транспортные перевозки по которому невозможно было осуществить без обеспечения мобильным и четко организованным ледокольным флотом.

8 августа 1941 г. народный комиссар Военно-Морского Флота адмирал Н. Г. Кузнецов подписал приказ о формировании Беломорской военной флотилии (БВФ) и включении в ее состав ледокольного отряда (ЛО) под командованием известного полярника К. С. Бадигина.

На ледокольный отряд возлагались следующие задачи: обеспечение ледовой информацией транспортных маршрутов на Северном театре, проводки судов в ледовых условиях, проводки в зимних условиях кораблей Северного флота и БВФ на всем театре боевых действий, включая и транспортные маршруты судов Наркомата морского флота; боевое охранение проводимых во льдах караванов судов от нападения с моря и воздуха; проведение аварийно-спасательных работ.

Состав ЛО БВФ определялся наличием ледоколов и ледокольных судов, находившихся к тому времени в западном секторе Арктики. Сначала в него входили ледоколы «И. Сталин» и «Ленин», ледорез «Ф. Литке», ледокольные пароходы «Дежнев», «Г. Седов», «А. Сибириков», «В. Русанов» и «Садко», портовые ледоколы № 6 и № 8. Совместным приказом народного комиссара ВМФ и главного управления (ГУ) СМП от 10 октября 1941 г. в отряд включили пароход «Сталинград», ледокольные буксиры «Северолес-18» и «Северолес-19», гидрографичес-

кие суда «Норд», «Пурга» и «Муссон».

Сроки и порядок мобилизации судов ЛО были утверждены ГУ СМП. Так, портовые ледоколы № 6 и № 8 были отоборонены к 10 сентября 1941 г., ледокол «Ленин» и четыре ледокольных парохода — к 1 ноября того же года, «Ф. Литке» и «Дежнев» как сторожевые корабли Северного флота (СКР-18) и (СКР-19) передавались в ЛО временно, на период, когда они не использовались для обороны западных входов на трассу СМП. Остальные зачислялись в состав ЛО по мере их возвращения из Арктики.

Вооружение кораблей и судов проводилось по имевшимся мобпроектам (на каждый ледокол или ледокольный пароход). Однако быстро меняющаяся обстановка на фронтах, отступление частей Красной Армии в первые месяцы войны, потеря огромной территории на западе страны заметно влияли на возможности, объемы и сроки вооружения этих судов.

В условиях большой загрузки заводов судостроительной промышленности и ремонтной базы, связанной с мобилизацией судов и транспортных средств гражданских наркоматов, установка систем вооружения

часто не обеспечивалась службами тыла Красной Армии, поэтому многие мобпроекты претерпели существенные изменения, в том числе мобпроект 51 — вооружение ледокола «И. Сталин». Он был разработан еще при проектировании ледокола в 1934—1935 гг. и предусматривал установку трех орудий калибра 130 мм (двух в носу и одного в корме), которые вели бы огонь по морским целям на курсовых углах 0—145° и 35—180° на дистанции до 150 кб. Корабль оборудовался погребными боезапасами и системой подачи снарядов. От атак самолетов противника ледокол прикрывали четыре зенитных орудия системы Лендера калибра 76 мм и пулеметы «Максим» (7,62 мм), устанавливаемые на мостиках и верхней палубе.

Первое опробование артиллерийского вооружения было проведено на ледоколе еще в августе 1939 г. на Балтийском заводе в Ленинграде, а затем вместе с подкреплениями оно было снято и отправлено на судоремонтно-судостроительный завод «Главсевморпуть» в поселке Роста под Мурманском. Туда же отправили оцинкованные листы стали, изоляцию, линолеум, шпунтовые доски, брусья, крепеж, крошеную пробку и другие материалы, необходимые для дооборудования ледокола в случае необходимости.

На корабле оставалась система воздуха высокого давления (за исключением его подводки к орудиям от палубных стаканов), системы оро-



Модель линейного ледокола проекта 51 «И. Сталин», 1938 г.

шения, затопления и осушения погребов; вентиляция погребов была лишь смонтирована, а концы кабелей забухтованы с соответствующей маркировкой и закрыты маскировочными кожухами. Были смонтированы и подкрепления под дальнометры у грот-мачты и на верхнем мостике. Сами дальнометры хранились на ледоколе в каюте капитана.

На ледоколе имелись средства химзащиты и оборудование санитарно-медицинского поста. Питатели и электроаппаратура элеваторов защищались глухими кожухами, трубы элеваторов замаскировали под шкафы, палубные стаканы заглушили, все системы погребов имели маскировочные закрытия.

В начале войны «И. Сталин» находился в Мурманске, и с 29 июня по 12 июля 1941 г. был вооружен на заводе «Главсевморпуть» согласно мобилизационному предназначению. Наблюдающими за производством работ являлись представители военной приемки — инженер-капитан-лейтенант С. В. Скоромный, военинженер 3 ранга Ф. М. Добренков, от ГУ СМП — инженер С. Н. Кузнецов, от завода — прораб Д. И. Мазин.

На ледоколе в ходовой рубке смонтировали автоматы типа «Москва», которые вырабатывали данные лишь для прицельной наводки по видимой цели, идущей со скоростью до 60 уз на дистанции до 150 кб. Приборы управления стрельбой получали данные с гирокомпаса (ле-



Размещение самолета на ледоколе (Балтийский завод, 1939 г.)

доколы типа «И. Сталин» были первыми в стране гражданскими судами, оборудованными гирокомпасами). Помимо двух дальномерных постов, при каждой установке имелся наплечный дальномер, связанный с центральным прибором типа «Союз». Ночную стрельбу обеспечивал прожектор К-90-1 с питанием от сети 110 В.

Общая масса артсистем по мобпроекту 51 определялась в 132 т.

Ледокол имел дымовую аппаратуру ДА-2Б для постановки дымовых завес. Противохимическая защита включала герметизацию ряда по-

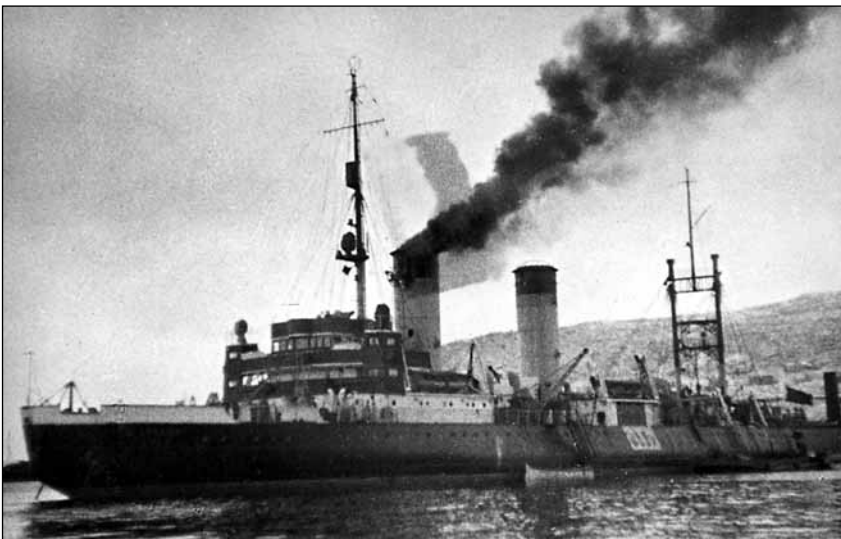
мещений, в том числе центрального поста, ходовой рубки и пищеблока. Дегазационное оборудование и коллективные противогазы рассредоточивались в четырех местах, цистерны с водой оборудовались газонепроницаемыми гуськами. Кранцы первых выстрелов и дальнометры защищались противопульной броней.

С началом арктической навигации 1941 г. вооруженный ледокол «И. Сталин» вышел в полярные рейсы. Вместе с ним на трассу СМП вышли ледокол «Ленин», СКР-18 («Ф. Литке») и СКР-19 («Дежнев»). После осложнения прифронтной обстановки под Мурманском, заказы на выполнение работ по перевооружению судов были переданы через НКСП на завод № 402 в Молотовске (директор С. Н. Задорожный), а через Наркомат морского флота — на завод «Красная кузница» (директор И. А. Мачульский).

На заводе № 402 конструкторские работы по вооружению судов выполняла специальная группа конструкторов ЦКБ-4 под руководством В. И. Ефимова, а на «Красной кузнице» работала бригада конструкторов Наркомата морского флота. Они готовили чертежи общего расположения, диаграммы углов обстрела, объяснительную записку по проекту и комплект рабочих чертежей с перечнем основных работ по перевооружению ледоколов и ледокольных судов.

В срочном порядке на заводы, занятые перевооружением, направлялись артсистемы: 34-К (76 мм) шли из Хабаровска; 39-К (76 мм) — из Горького; 24-Б (100 мм) — из Баку; пулеметы ДШК на тумбах (12,7 мм) — из Зеленодольска.

В связи с возникновением угрозы выхода противника к Белому морю в районе Кандалакши, встала задача охраны водного района Беломорья, поэтому на Соловецких островах, в бухте Муксоляма были построены две батареи (№ 556 и № 557). Для их вооружения с ледокола «И. Сталин» были сняты орудия главного калибра и отправлены на ледокольном пароходе «А. Сибиряков» к месту монтажа, а сам ледокол пришел 20 ноября 1941 г. на завод № 402 для нового перевооружения. Вместо снятых установили



Ледокол «И. Сталин» в начале войны, 1941 г., Мурманский порт

два орудия калибра 76 мм в носу; на средних рострах (на штатных местах) установили артустановки Лендера; на баке, верхнем мостике и в районе кормовых спасательных шлюпок — крупнокалиберные (12,7 мм) пулеметы ДШК.

На переходе в Мурманск 15 января 1942 г. у о. Сосновец, во время бункеровки лесовоза «Правда», ледокол «И. Сталин» подвергся налету авиации противника. Из пяти сброшенных бомб одна пробила палубу в районе котельного отделения и произвела серьезные разрушения корпуса и котлов. Взорвавшаяся в воде, рядом с бортом, вторая авиабомба увеличила объем разрушений корпуса. Ледокол был вынужден стать на ремонт на завод № 402.

После ремонта поврежденного корпуса, ледокол был вновь перевооружен в целях усиления противовоздушной обороны. На нем установили два 100-мм орудия Б-24 в носу на специальной площадке высотой 2,5 м (в районе 133—144 шп.) и в корме, побортно (в районе 17—18 шп.) разместили еще два таких же орудия. Из-за отсутствия поставок 37-мм автоматов 70-К были использованы четыре артустановки системы Лендера, два 45-мм полуавтомата 21-К, восемь американских 20-мм автоматов «Эрликон» и шесть крупнокалиберных пулеметов ДШК.

С этим вооружением ледокол прошел трассу СМП в 1942 г. и в конце этого же года из восточного сектора Арктики ушел на ремонт в Сизэтл (США). Там в начале 1943 г. с него сняли малоэффективные пушки Лендера, полуавтоматы 21-К и поставили вместо них дополнительно шесть автоматов «Эрликон». Таким образом, в состав вооружения ледокола «И. Сталин» входили: четыре 100-мм орудия Б-24, 14 автоматов «Эрликон» и 6 пулеметов ДШК. В том же году ледокол вернулся в Архангельск и эксплуатировался с этим вооружением уже до конца войны. Штат военизированной команды насчитывал 68 чел., из которых 16 обслуживали орудия главного калибра, на зенитных автоматах находилось 28 чел., по шесть человек обслуживали пулеметы и



Ледокол «Л. Каганович» перед началом перехода ЭОН-18, 1942 г.

ПУС, связь и химслужба насчитывала 4 чел., командный состав — 8 чел.

Ледокол «А. Микоян» (до января 1941 г. «Отто Шмидт») с началом боевых действий вошел в состав ледокольного флота ГУ СМП. 28 июня 1941 г. приказом НК ВМФ он был принят от ГУ СМП для включения в состав вспомогательных крейсеров (ВКР) Черноморского флота. На заводе-строителе (им. Марти) в Николаеве выполнили срочные работы по установке дополнительных подкреплений под артсистемы, на верхней палубе проложили минные пути для хранения и постановки мин. 6 августа под угрозой оккупации города германскими войсками ледокол ушел в Севастополь. По приемному акту от 26 августа на нем установили: семь 130-мм орудий Б-13, четыре 76-мм пушки Лендера, шесть 45-мм полуавтоматов 21-К, четыре пулемета «Максим».

По оперативным сводкам Черноморского флота уже в сентябре ледокол участвовал в обороне Одессы. Боевые операции требовали от ВКР «Микоян» быстрых ночных переходов при непрерывном поддержании бездымного горения на полном ходу, что за время с 11 по 20 сентября привело к повреждению паровых котлов: в двух просели топки, появились выпучины до 800 мм, стрелка прогиба жаровых труб достигла 90 мм. Отрицательно сказались влияние соленой воды, которой запитывали котлы без проце-

лачивания и очистки. Интенсивная стрельба с двух бортов привела к подвижке фундаментов котлов, выпадению заклепок и водотечности корпуса судна.

В связи с острой нехваткой ледоколов на трассе СМП было принято решение о передаче ВКР «Микоян» в распоряжение ГУ СМП. На ледоколе выполнили срочный ремонт в Потии, а артиллерия и прочее вооружение были сданы на корабли Черноморского флота.

25 ноября 1941 г. ледокол вместе с группой танкеров прорвался через зону боевых действий на Черном море и, совершив дальний переход через Босфор, Суэцкий канал, вокруг Африки и Южной Америки, прибыл в Сизэтл, где его вооружили пятью 76-мм американскими орудиями, 20-мм автоматами «Эрликон» и зенитными крупнокалиберными пулеметами типа «Браунинг» и «Льюис».

В навигацию 1942 г. ледокол прошел трассу СМП вместе с экспедицией ЭОН-18, но в ноябре того же года в район о. Колгуев подорвался на mine и зиму 1942/43 г. вынужден был простоять на ремонте в Молотовске на заводе № 402, где еще раз был перевооружен. После этого он имел шесть 76-мм американских универсальных орудий, 11 автоматов «Эрликон» и шесть крупнокалиберных пулеметов «Браунинг». С этим вооружением ледокол прошел всю войну, сдав его на склады в Пе-



Ледокол «Л. Каганович»

тропавловске-Камчатском лишь в ноябре 1945 г.

Ледокол «Л. Каганович» (с 1958 г. «Адмирал Лазарев») уже 22 июня 1941 г. приказом начальника ГУ СМП И. Д. Папанина получил указание по от мобилизовыванию. Со следующего дня началась расконсервация мобоборудования, находящегося на заводе № 202 во Владивостоке.

Ледокол должен был осуществить проводку по трассе СМП трех эсминцев с Тихоокеанского на Северный флот. Во Владивостоке к началу навигации 1942 г., на нем установили три 130-мм орудия Б-13, четыре 85-мм орудия 90-К, четыре 76-мм орудия (по два типа 33-К и 39-К), шесть 37-мм автоматов 70-К, шесть спаренных пулеметов типа «Кольт». Артиллерия обслуживалась двумя дальномерами ДМ-4. Пройдя по трассе СМП, ледокол сдал все артиллерийские установки калибра 76 мм и крупнокалиберные пулеметы на завод № 402, после чего вновь был перевооружен. На нем дополнительно установили четыре 85-мм орудия 90-К и восемь автоматов «Эрликон».

Ледокол «Красин» война застала в бухте Провидения. В навигацию 1941 г. сложная ледовая обстановка в проливе Вилькицкого не позволила ему пройти в западный сектор Арктики по трассе СМП.

В том же году на Дальзаводе планировался капитальный ремонт ледокола с заменой паровых котлов на более совершенные. Тогда же намечалось установить артиллерий-

ское вооружение, предусмотренное мобпроектом 212. Это — три 130-мм орудия Б-13, четыре 76-мм пушки Лендера, два счетверенных 7,62-мм пулемета.

Однако этот проект осуществить не удалось. Тяжелая обстановка на фронте заставила принять решение о возвращении ледокола в западный сектор Арктики через Атлантику. В связи с этим начальник Управления арктического флота и портов ГУ СМП А. С. Колесниченко в письме от 8 сентября 1941 г. предложил: «... Техпроект должен предусматривать мобподкрепления и устройства для возможности вооружения ледокола в дальнейшем в наших портах...», подтвердив, однако, возможность выполнения работ по техпроекту и вооружения ледокола за границей.

От берегов Таймыра «Красин» двинулся в длительный переход по маршруту Сизтл—Панамский канал—Балтимор—Галифакс—Глазго—Рейкьявик—Мурманск. По двум океанам и многим морям он прошел 15 300 миль, чтобы быть к навигации 1942 г. на русском севере.

В Балтиморе на «Красин» установили одно 76-мм орудие, прямо над буксирной лебедкой. На мостике и около дымовых труб, выше шлюпбалок, поставили шесть крупнокалиберных (12,7-мм) и четыре малокалиберных (7,62-мм) пулемета. Как груз, в счет союзных поставок, приняли на борт три новых орудия, 16 пулеметов, 2 тыс. снарядов и 220 тыс. патронов.

В Глазго добавили к вооружению еще два 76-мм орудия, провели замену легких американских пулеметов на 20-мм автоматы «Эрликон», добавили пулеметы типа «Браунинг» и «Гочкис». При прибытии в Мурманск «Красин» имел на вооружении три 76-мм орудия (два — в носу и одно — в корме), семь автоматов «Эрликон» и три пулемета «Браунинг».

В Мурманске ледокол перевооружили по приказу НК ВМФ от 26 мая 1942 г. На судне сняли артсистемы, поставили переходные кольца под 76-мм орудия, площадки у кормовой трубы расширили в сторону ДП и дополнительно подкрепили их под 76-мм орудия; оборудовали мостиковые подкрепления над буксирным устройством для одной 76-мм артустановки.

На площадку у носовой трубы поставили два автомата «Эрликон» и дальномер ДМ-1,5. Там же были установлены четыре пулемета «Браунинг». Кормовую мачту срезали и дооборудовали площадку под дальномер ДМ-4. Были оборудованы третий погреб в районе носового провизионного трюма и шесть кранцев первых выстрелов для 76-мм орудий. В навигацию 1942 г. «Красин» имел шесть 76-мм орудий, семь автоматов «Эрликон», по шесть крупнокалиберных и малокалиберных пулеметов типа «Браунинг».

По окончании войны «Красин» разоружался во Владивостоке на складах ТОФа.

По отделению мобпроекту был вооружен **ледокол «Ленин»** (впоследствии «Владимир Ильич», в начале 50-х годов совершивший переход на Черное море). Уже 10 июля 1941 г. на заводе «Главсевморпуть» в поселке Роста, на нем установили вооружение. Однако к началу зимней навигации обнаружилась слабость вооружения, особенно зенитного, и на заводе в Молотовске срочно были выполнены подкрепления под орудия 34-К в районе носового грузового трюма, изготовлены два переходных барабана под две системы Лендера, подготовлены места для пулеметов ДШК (два в носу между якорными клюзами, два — на крыльях мостика, четыре — на ботдеке). В носовом трюме оборудовали погреб боезапаса, два имевшихся погреба

дооборудовали новыми стеллажами, под новый боезапас приспособили и кранцы первых выстрелов. В результате ледокол получил пять 76-мм орудий 34-К (два — в носу и три — в корме), четыре 20-мм автомата «Эрликон», две 45-мм пушки 21-К, восемь пулеметов ДШК. При этом на нем сняли грот-мачту, мешающую стрельбе, и установили размагничивающую систему ЛФТИ. 3 апреля 1942 г. артсистемы были проверены стрельбой и сданы по акту команде ледокола. Штат военизированной команды определялся в 57 чел. Перевооружение ледокола выполнялось судовой командой и заводскими специалистами.

Ледорез «Ф. Литке» (СКР-18) прибыл на завод № 402 для перевооружения 28 декабря 1941 г. При этом были использованы старые, установленные еще на заводе «Главсевморпуть», подкрепления под 100-мм орудия Б-24, на которых смонтировали 76-мм пушки 34-К и 39-К, заменив лишь палубные барабаны. На имевшиеся подкрепления поставили 45-мм полуавтоматы 21-К и пулеметы ДШК. Для их обслуживания в средней части оборудовали погреб боезапаса. Дальномер ДМ-1,5 заменили на ДМ-3, выполнив дополнительные работы по подкреплению площадки. Все работы закончили к 6 января 1942 г., после чего «Ф. Литке» имел следующее вооружение: три 76-мм орудия (одно — 39-К, два 34-К), четыре 45-мм полуавтомата 21-К, шесть пулеметов ДШК.

На ледокольном пароходе «Дежнев» (СКР-19) работы по мобпроекту 53 выполнили еще до войны. Его перевооружение началось 23 февраля 1942 г. с постановки судна к стенке завода № 402 и закончилось 8 марта того же года. На «Дежневе» установили четыре 76-мм орудия 34-К, четыре 45-мм полуавтомата 21-К, шесть пулеметов ДШК.

На ледокольном пароходе «Г. Седов» все работы по перевооружению закончились в Молотовске 25 марта 1942 г. Судно имело два орудия системы Лендера, перенесенные на новые подкрепления два 45-мм полуавтомата 21-К, четыре пулемета ДШК и полтораметровый дальномер.



Ледокол «Ленин» в плавучем доке завода «Красная кузница», Архангельск, 1942 г.

Ледокольный пароход «А. Сибиряков» прибыл на завод «Красная кузница» в Архангельске 29 ноября 1941 г. Работы по мобвооружению вели конструкторы Наркомата морского флота. Они начались 3 декабря и закончились 17 декабря. В ходе работ выполнили подкрепления под все артсистемы, оборудовали четыре погреба боезапаса в носу, средней части и двух кормовых выгородках. В итоге «А. Сибиряков» имел на вооружении два 76-мм орудия системы Лендера, установленные на полубаке в районе 122—132 шп. (по бортам), два 45-мм полуавтомата 21-К на кормовой площадке, четыре пулемета ДШК, размещенные на ботдеке в районе 38—52 шп. — по два на каждый борт.

На портовых ледоколах № 6 и № 8 оставили лишь по одному 45-мм полуавтомату 21-К и два пулемета ДШК на крыльях ходового мостика. От кормового орудия, предусмотренного мобпроектом, отказались, так как оно мешало буксировке судов.

И в заключение несколько слов о переданных Советскому Союзу ледоколов по ленд-лизу.

Бывший канадский ледокольный пароход «Монткальм» прибыл к нам со следующим вооружением: одно 76-мм орудие на корме, четыре зенитных автомата «Эрликон», три крупнокалиберных и два мало-

калиберных пулемета «Браунинг». По решению Военного Совета Северного флота это вооружение было усилено. По указанию наркома судостроительной промышленности А. М. Редькина в июле 1942 г. завод № 402 дополнительно установил на судне два 76-мм орудия и два пулемета «Браунинг».

Американский ледокол «Северный ветер» (с мая 1946 г. «Капитан Белоусов») прибыл в страну по трассе СМП вооруженным четырьмя 100-мм орудиями, шестью 40-мм автоматами «Бофорс» и восемью 20-мм автоматами «Эрликон». Изменений в состав вооружения этого ледокола не вносилось.

Таким был состав вооружения ледоколов, участвовавших в Великой Отечественной войне.

Литература

- Бережной С. С. Флот СССР: корабли и суда ленд-лиза. СПб.: Велень, 1994.
Грибовский В. Ю. Переоборудование мобилизованных гражданских судов в годы Великой Отечественной войны // Судостроение. 1998. № 4.
Конвои: Исследования, воспоминания, библиография, документы. Архангельск, 1995.
Пузырев В. П. Беломорская военная флотилия в Великой Отечественной войне. М.: Воениздат, 1981.
Северные конвои: Исследования, воспоминания, документы. Архангельск, 1991.
Стефанович А. Н. Арктические ледоколы в годы войны // Судостроение. 1985. № 4.
ЦВМА. Ф. 982. Оп. 2; Ф. 767. Оп. 6; Ф. 846. Оп. 4; Ф. 13. Оп. 71.

КАТЕР «ДАГМАР»

Э. П. Игнатьев

Во второй половине XIX века на верфях Великобритании и Франции велось массовое строительство паровых катеров различного назначения. Одно из ведущих мест в этой отрасли занял талантливый английский кораблестроитель Дж. Уайт — владелец верфи «Steam Life Launch Builder» в г. Каус на о. Уайт, где строились преимущественно гоночные яхты, паровые и гребные катера, принесшие заслуженную славу их создателю. Одним из первых Дж. Уайт начал выпуск спасательных катеров с отсеками непотопляемости, запатентовав их конструкцию. Имя британского судостроителя было хорошо известно и руководителям Морского министерства в Санкт-Петербурге — в 1846 г. на верфи в г. Каусе построили яхту «Королева Виктория» для императора Николая I, а в 1865 г. — спасательный гребной катер для императрицы Александры Федоровны.

20 апреля 1870 г. вице-директор канцелярии Морского министерства вице-адмирал А. А. Пещуров направил в Морской технический комитет (МТК) предписание, где говорилось: «государь наследник цесаревич изволил выразить желание иметь небольшую паровую шлюпку, обладающую настолько хорошими морскими качествами, чтобы можно было кататься на ней по заливу между Петербургом и Кронштадтом и выходить на большой рейд. Желательно также, чтобы на такой шлюпке достаточно было удобного помещения для катающихся, и ежели можно, то и небольшая крытая каюта, подобно тому, как по отзыву свиты его величества контр-адмирала <А. А.> Попова устраивает Вайт на своих паровых катерах»¹. В конце содержалось указание: приступить к проектированию паровой шлюпки «как можно скорее».

Ознакомившись с предписанием, председатель кораблестроительного отделения МТК генерал-лейтенант И. С. Дмитриев запросил канцелярию главного инженер-механика

флота о массе машинно-котельной установки мощностью 3 или 5 нарицательных л. с. (н. л. с.) и, получив требуемые сведения, поручил проектирование «паровой шлюпки» В. Крейтону, владельцу верфи в г. Або (Турку). Крейтону 18 мая представил в МТК проект парового катера с машиной мощностью 5 н. л. с., но вскоре получил ответ, что МТК «искренне благодарит» В. Крейтону «... и вместе с тем уведомляет, что Его Императорского Высочества наследника цесаревича заказан уже в Англии паровой катер»².

Действительно, не дожидаясь окончания разработки проекта на верфи В. Крейтону, контр-адмирал А. А. Попов запросил контр-адмирала А. Е. Кроуна, находящегося в то время в Англии, о возможности заказа катера на верфи в г. Каусе. Полученный ответ гласил, что Дж. Уайт предлагает построить катер длиной 11,2 м, цена определялась в 900 фунтов стерлингов, срок постройки — два месяца.

18 мая 1870 г. канцелярия Морского министерства уведомила военно-морского агента (атташе) в Англии — контр-адмирала И. Ф. Лихачева, что великий князь Александр Александрович распорядился заказать катер у Дж. Уайта, но вначале хотел бы ознакомиться с чертежами, так как в Каусе строились катера различных типов. Также указывалось, что деньги будут высланы сразу после того, как великий князь примет окончательное решение. В свою очередь, И. Ф. Лихачев поручил ведение дел, связанных с заказом, своему помощнику — капитану 2 ранга Н. И. Казнакову, который 11 июля выслал в Санкт-Петербург чертежи катера с кормовой рубкой.

Великий князь проект одобрил, но потребовал обеспечить проход из каюты в носовую часть. По мнению управляющего Морским министерством адмирала Н. К. Краббе этого легко можно было добиться, прорезав дверь в носовой каютной переборке и изменив положение от-

кидного столика в каюте. От себя лично Н. К. Краббе предлагал устроить в каюте стационарный ватерклозет (WC) и особо подчеркивал: «... необходимо, чтобы не стесняя свободного места в каюте, был устроен и умывальник так, чтобы его высочеству, который иногда сам управляет машиной и толпой котла, была бы возможность с удобством вымыть руки»³. Капитану 2 ранга Н. И. Казнакову поручалось «... соблюсти, чтобы, насколько позволяют малые размеры катера, каютка его была бы устроена с возможным комфортом».

24 июня адмирал Н. К. Краббе подписал контракт, 30 июня на имя капитана 2 ранга Н. И. Казнакова выслали вексель на 900 футов стерлингов, и в тот же день на верфи в г. Каусе приступили к выполнению заказа. В середине июля Н. И. Казнакову еще раз напомнили о необходимости установки WC, но в ответной телеграмме указывалось, что «... помещение его положительно невозможно», так как Дж. Уайт опасался, что это приведет к нарушению герметичности кормовых отсеков непотопляемости, ослабит продольную прочность, да и степень готовности корпуса была уже достаточно высокой. Руководители Морского министерства не стали настаивать на обязательном выполнении столь «сложной» технической задачи.

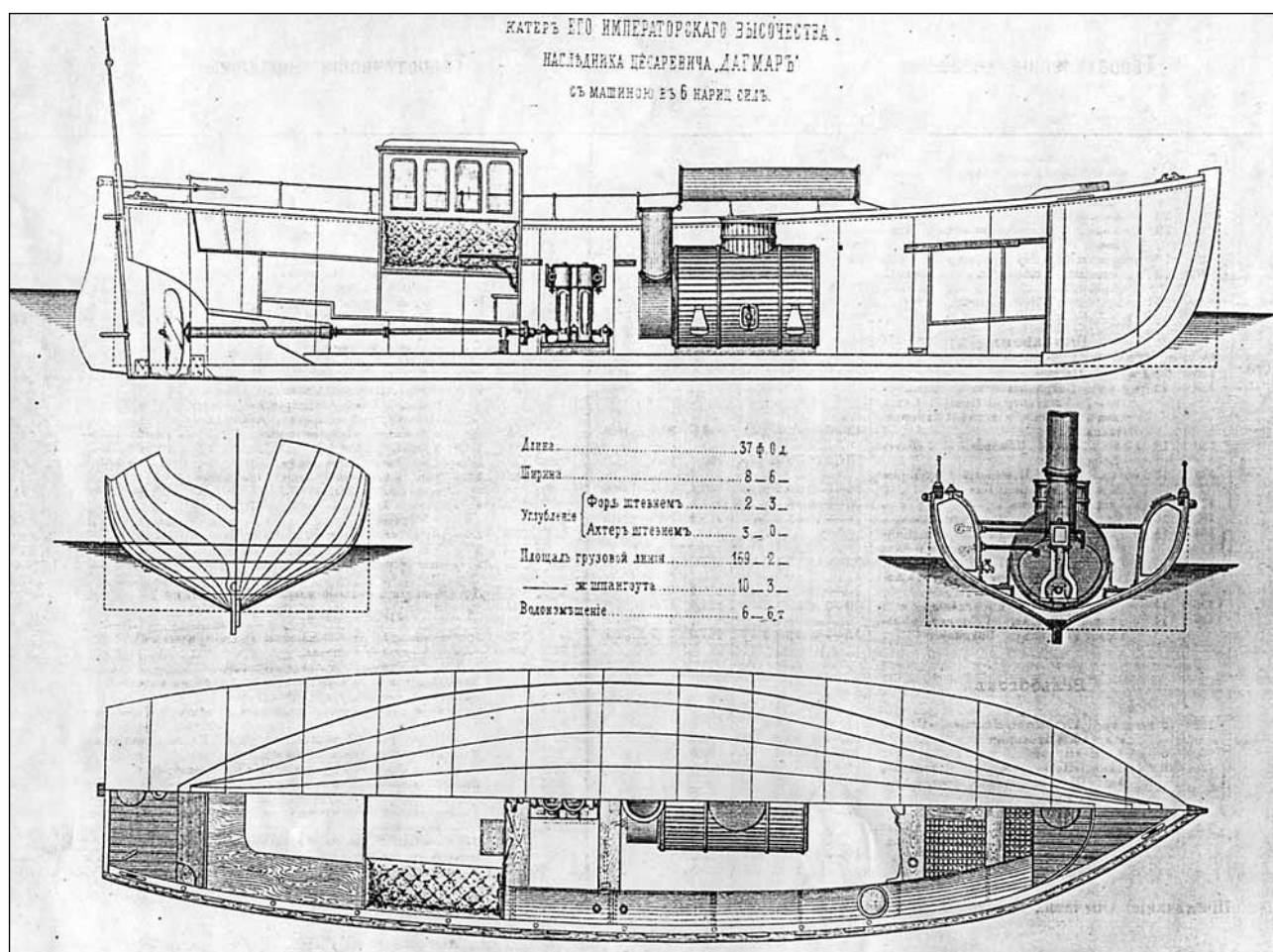
Новая великокняжеская «паровая яхта» имела длину корпуса 11,2 м, ширину 2,6 м, осадку носом 0,67 м, кормой — 0,91 м. Водоизмещение составляло 6,6 т. Корпус катера строился из ценных пород древесины. Двойная диагональная обшивка из красного дерева увеличивала прочность и позволяла значительно уменьшить сечение шпангоутов. Фор- и ахтерпика, отсеки вдоль бортов имели герметичную конструкцию и служили «ящиками непотопляемости» и могли удерживать катер на плаву в случае накрытия его волной. Только четыре бортовых отсека использовались как цистерны котельной воды.

Энергетическая установка состояла из локомотивного котла и двухцилиндровой паровой машины

¹РГАВМФ. Ф. 421. Оп. 1. Д. 195. Л. 1.

²РГАВМФ. Ф. 421. Оп. 1. Д. 195. Л. 9. Вскоре В. Крейтону использовал готовый проект при постройке парового катера «Буюк-Дере» для русского посланника в Стамбул. Деньги перечисляло Морское министерство.

³РГАВМФ. Ф. 443. Оп. 1. Д. 246. Л. 39 об.



Чертежи катера «Дагмар»

(диаметр цилиндров 0,16 м, ход 0,15 м), приводившей в действие четырехлопастный гребной винт (диаметр 0,73 м, шаг 1,5 м). Отработанный пар отводился в атмосферу, каких-либо приспособлений для регенерации котельной воды не предусматривалось. Вообще конструкцию катера отличали простота и надежность, что в общем-то и обеспечило в дальнейшем его многолетнюю успешную эксплуатацию.

Проведение ходовых испытаний катера и его доставка в Россию поручались лейтенанту Л. А. Колонтаеву. Вначале Н. И. Казнакову сообщили, что великий князь распорядился отправить катер в августу в Копенгаген, куда должны были зайти с визитом императорская яхта «Штандарт» и пароход «Олаф», но затем последовал новый приказ — отправить катер прямо в Кронштадт. Приходилось поторапливаться, и 17 августа катер вышел в бухту Сток-бей на ходовые испытания. При максимально воз-

можном давлении пара скорость достигала 8,2 уз, при экономическом режиме — 7,7 уз. После выполнения обязательных профилактических работ, утром 24 августа вновь вышли в море. На борту находились лейтенант Л. А. Колонтаев и четверо английских моряков, составлявших команду катера. Дул свежий северо-западный ветер, в помощь машине поставили паруса, «... катер держался великолепно, поведением своим вполне оправдывая выражения английских морских офицеров в Каусе, которые поздравляли г-на Уайта с постройкой столь удачной паровой шлюпки»¹. По пути зашли в Дувр, где пополнили запас угля, в Гревзенде приняли на борт лоцмана, и днем 26 августа катер вошел в лондонский док «Виктория», преодолев более двухсот миль за 41 ч 30 мин, включая остановки. Здесь его погрузили на палубу датского парохода «Anglo-Den», который утром 29 августа вошел в Среднюю гавань Кронштадта.

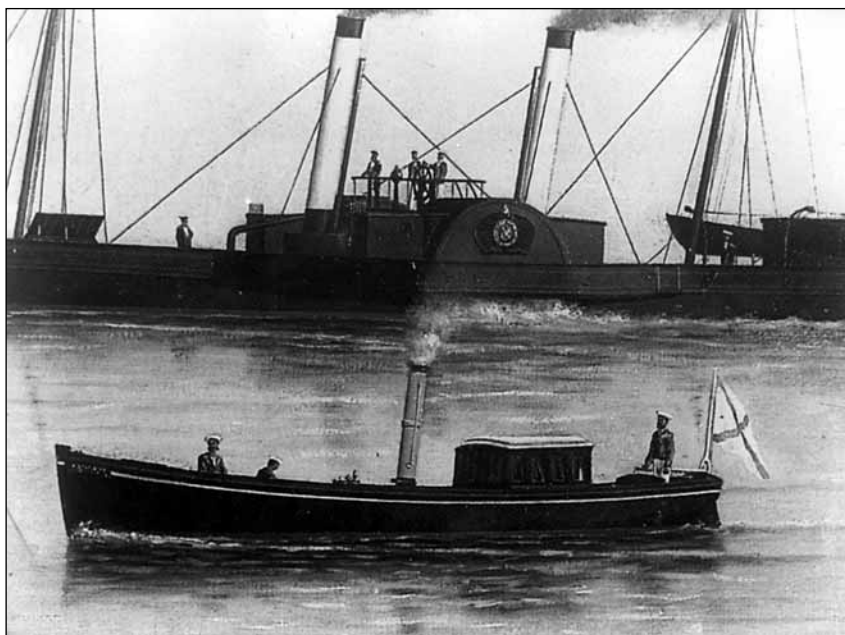
После соблюдения необходимых таможенных формальностей катер перегрузили на палубу парохода «Ижора» и 7 сентября доставили в Санкт-Петербургский порт. В тот же день главный командир порта вице-адмирал С. В. Воеводский и командир гвардейского экипажа контр-адмирал П. А. Перелешин совершили на катере пробный пробег по Неве. Обязанности командира исполнял лейтенант И. А. Гирс, инженера-механика — прапорщик Н. Броше. Все механизмы работали прекрасно, но катер прибыл без каких-либо инструкций, поэтому вице-адмирал С. В. Воеводский своим приказом № 288 от 23 сентября 1870 г. назначил комиссию из восьми человек под председательством капитан-лейтенанта С. Н. Одицова для определения всех эксплуатационных параметров катера. Силами комиссии были составлены «Правила ухода за машинами паровых спасительных катеров»², а в портовых мастерских приступили к изго-

¹РГАВМФ. Ф. 921. Оп. 2. Д. 288. Л. 5.

²Так в оригинале.

товлению комплекта запасных частей и инструментов. Каких-либо дополнительных работ по механической части не потребовалось, только к предохранительным клапанам котла поставили отводные трубки, так как от туда пар попадал на стекла рубки, вызывая их запотевание.

8 октября капитан-лейтенант И. А. Гирс доложил в контору порта: «государь наследник цесаревич изволил изъявить желание, чтобы паровому катеру его высочества дать название «Дагмар» и чтобы надпись была сделана в носовой части и с обеих сторон...»¹. Такое наименование было не случайным. Супруга великого князя — великая княгиня Мария Федоровна, дочь короля Дании Христиана IX, до крещения носила имя Мария-София-Фредерика-Дагмар. То, что будущий император решил так назвать катер, лишний раз говорит о том внимании, которое он оказывал своей супруге. 24 октября 1870 г. приказом генерал-адмирала великого князя Константина Николаевича катеру присвоили имя «Дагмар», а 16 декабря решением Адмиралтейств-совета причислили к IV рангу судов. Буквы на борту, выполненные старославян-



Катер «Дагмар» (фрагмент картины худ. А. П. Алексеева)

ской вязью и отлитые из бронзы, покрыли позолотой.

Благодаря простоте в обслуживании и экономичности катер эксплуатировался довольно интенсивно. Его не раз изображали на своих полотнах художники А. П. Алексеев, А. К. Бегров и др. В списках флота

«Дагмар» числился как «катер государя наследника цесаревича», а с 6 апреля 1881 г., после восшествия Александра Александровича на престол, был зачислен как «императорская яхта», став, таким образом, самым маленьким судном в этом классе.

УЧЕНЫЙ-НОВАТОР

(о Никите Борисовиче Севастьянове)

Никита Борисович Севастьянов родился 2 февраля 1924 г. в интеллигентной московской семье. Молодость его поколения пришлось на военное время. В 1943 г. он ушел на фронт и закончил воевать в Кенигсберге. Будучи командиром противотанковой батареи, он принимал непосредственное участие в боях с фашистскими оккупантами, был ранен, контужен. В конце войны молодой капитан участвовал в освобождении Праги. Был награжден многими воинскими наградами, орденами, медалями.

Сразу после войны Никита Борисович становится студентом Московского технического института рыбной промышленности и хозяйства. Он с юношеских лет мечтал стать корабелом. В те годы в Мосрыбвтузе работали многие замечательные ученые, такие как профессор Л. А. Эпштейн и другие, которые могли оказать большое влияние на

формирование научных интересов молодежи.

Студенческие годы Н. Б. Севастьянова отмечены проявлением колоссальной работоспособности, целеустремленности и большой силы воли. Эти качества были характерны для него в течение всей жизни. В первую же сессию Н. Б. Севастьянов сдает экзамены настолько успешно, что отмечается персональной стипендией. После окончания института в 1951 г. его работа связана с Мосрыбвтузом. Он полностью отдает себя научной работе. В 1954 г. состоялась защита его кандидатской диссертации, которая была посвящена проектированию китобойных судов. Здесь он проходит путь от ассистента до заведующего кафедрой теории корабля. В 1958 г. в соответствии с решением правительства Мосрыбвтуз переводится в Калининград. Вместе с институтом переезжает в Калининград и Никита Бори-

сович. Все главные события его научной биографии связаны с этим городом.

Созданным им направлением научной деятельности было нормирование мореходных качеств судов. Эта научная проблема имела большое практическое значение. Данные мировой статистики говорили о том, что большое количество судов терпит бедствие именно вследствие недостаточной остойчивости в условиях сильного волнения моря. Наука подошла к порогу, за которым уже невозможно было решать такие задачи детерминированными методами. Требовались новые подходы, обеспечивающие эффективные результаты. И такие пути были найдены на основе использования методов теории вероятностей. В условиях стохастических изменений внешних возмущений, действующих на судно, были введены вероятностные критерии для оценки мореходных качеств судов. И в этом большая заслуга Н. Б. Севастьянова. Решению вопросов остойчивости промысловых судов была посвящена его доктор-

¹РГАВМФ. Ф. 921. Оп. 2. Д. 288. Л. 36.

ская диссертация, защищенная в 1970 г.

Особое значение решение проблемы устойчивости имело именно для промысловых судов. В одном из выступлений в институте Никита Борисович говорил, характеризуя условия эксплуатации промыслового судна: «Промысловые суда находятся в более тяжелых условиях эксплуатации по сравнению с транспортными. Действительно, транспортные суда совершают относительно короткие морские переходы в закрытом состоянии, раскрываясь только в портах назначения. Промысловые же суда приходят в район промысла, раскрываются и работают в таком состоянии длительное время, преодолевая качку и другие внешние воздействия».

Преемник Никиты Борисовича по кафедре, докт. техн. наук профессор Д. М. Ананьев (недавно ушедший из жизни) так говорил о своем коллеге и друге: «Никита Борисович был яркой личностью и крупной самостоятельной фигурой в науке. Основной темой его научных исследований было применение вероятностных методов для проектирования судов, анализ и нормирование устойчивости, исследование аварийных ситуаций и разработка рекомендаций и норм... Большое значение имела созданная по инициативе Никиты Борисовича отраслевая научно-исследовательская лаборатория мореходных качеств судов, которая решала многие научно-технические проблемы рыбной промышленности отрасли и имела большое практическое значение. Она была лучшей среди вузовских лабораторий данного профиля в стране».

Ядром созданной в Калининградрыбвтузе отраслевой лаборатории является опытовый бассейн для испытания моделей судов при регулярном и нерегулярном волнении. В лабораторию входили также циркуляционная труба (гидролоток) для гидродинамических испытаний, база для испытаний самоходных моделей судов на Куршской косе, мореходная группа сотрудников, проводящих испытания непосредственно в море, в реальных условиях промысла. При лаборатории функционировала консультативная группа научных сотрудников, входившая в состав Калининградрыбпрома по оказанию помощи судам,

терпящим бедствие в море. При участии группы были проведены многие успешные операции по спасению судов. Сначала условия аварийной ситуации судна моделировались в опытовом бассейне, затем разрабатывались рекомендации для спасательной операции, которые оперативно реализовывались на практике. Вспомним хорошо известные из сообщений прессы операции по снятию выброшенного на берег в Балтийском море транспортного рефрижератора «Остров Сибирякова», спасение траулера «Славск», производственного рефрижератора «Рудный».

Ученый с мировым именем, Н. Б. Севастьянов был одним из организаторов и в течение многих лет постоянным участником работы подкомитета по устойчивости судов Межправительственной Морской Организации (ИМО) в Лондоне. Организация занимается разработкой рекомендаций по безопасности мореплавания, непотопляемости судов, судовым спасательным средствам гражданских судов всех типов для стран — членов ООН. Ряд рекомендаций, принятых ИМО, разработаны при непосредственном участии Н. Б. Севастьянова; учтены предложения, обоснованные в научно-исследовательских работах кафедры теории корабля Калининградского технического института рыбной промышленности и хозяйства.

За многие годы работы им были написаны десятки научных трудов, монография по устойчивости судов, первый в стране учебник по проектированию промысловых судов (совместно с А. И. Раковым). Н. Б. Севастьянов известен как популяризатор науки. Широкую известность на флоте получила изданная им совместно с сотрудниками кафедры книга «Моряку об устойчивости».

Для лекций, читавшихся профессором Н. Б. Севастьяновым в студенческой аудитории, были характерны строгость изложения и научная обоснованность, а также доступность и внимание к слушателю. Никита Борисович по приглашению своих иностранных коллег читал лекции в университетах и морских академиях Болгарии и Норвегии.

Он создал в Калининграде научную школу, подготовил ряд докторов и кандидатов наук, оказывал

помощь в подготовке научных работников для ряда стран (Куба, Вьетнам), был членом Высшего аттестационного комитета страны. Его ученики продолжают начатое им дело в стенах Калининградского государственного технического университета на кафедре теории и проектирования судов, в ряде других вузов в нашей стране и за рубежом, в научно-исследовательских институтах и на предприятиях, в Госкомитете РФ по рыболовству. Никита Борисович пользовался огромным уважением студентов и коллег.

Научная и педагогическая деятельность Н. Б. Севастьянова была высоко оценена. Ему было присвоено почетное звание «Заслуженный деятель науки и техники РСФСР». Он являлся почетным членом старейшего в России научно-технического общества судостроителей им. академика А. Н. Крылова.

Отвечая на вопросы корреспондента в день своего шестидесятилетия, Никита Борисович говорил: «...понимаю, что сделано немало... А все-таки не могу отделаться от ощущения, что не сделано самое главное, самое трудное. И это главное — впереди. Хочу, чтобы из стен нашего вуза, нашего судостроительного факультета выходили настоящие инженеры, которых не может удовлетворить достигнутое, которые не ждут подсказки, а сами ищут себе работу, сами становятся творцами технического прогресса... Это значит, что успокаиваться рано. Нужно работать, пока есть силы».

Характерным качеством ученого было умение отличить главное среди множества второстепенных дел. Это проявлялось и в постановке научных задач, и в оценке людей. Из воспоминаний профессора Д. М. Ананьева: «... он видел далеко вперед и строил деятельность возглавляемого им коллектива на решении важных стратегических задач. Он не терпел косности, некомпетентности, конъюнктуры. Для Никиты Борисовича была характерна активная жизненная позиция. Имея характер борца, прекрасный полемист, он отстаивал свои взгляды в любой самой трудной ситуации. Он был высокоинтеллектуальным человеком, ставил перед собой высокие цели и был требователен к себе».

В последние годы Никита Борисович, по-видимому, остро пережи-

вал то тяжелое положение, в котором оказалась рыбная отрасль, в становлении которой он принимал самое активное участие.

Н. Б. Севастьянов был организатором международной научно-технической конференции по теории и проектированию судов. Эта конференция была проведена в Светло-

горске, но уже без участия ученого. 7 октября 1993 г. Никиты Борисовича не стало.

Именем выдающегося ученого названа улица в Калининграде. В память о его деятельности на здании Калининградского государственного технического университета по улице профессора Баранова установлена

мемориальная доска. Несомненно также и то, что его имя осталось в истории науки. И это самое главное для ученого.

**В. С. Богомолов, докт. техн. наук,
Калининградский государственный
технический университет**

РЕФЕРАТЫ

УДК 681.322.629.5.012.6

Ключевые слова: CAD-системы, корабль, проектирование, метод радиусографии.

Ходоровский А. Л. Опыт применения различных CAD-систем при проектировании обводов корпуса // Судостроение. 1999. № 6. С. 8—11.

Рассказывается об использовании CAD-систем для проектирования обводов корпусов кораблей с использованием метода радиусографии. Указываются требования, которым должны удовлетворять различные CAD-системы, применяемые в ЦКБ МТ «Рубин» для проектирования заказов морской техники. Ил. 5.

УДК 629.5.017.22.001.24

Ключевые слова: вероятностные методы, статистическая динамика судна, качка.

Крыжевич Г. Б. Вероятностный метод расчета нелинейной качки судна и силовых воздействий на корпусные конструкции // Судостроение. 1999. № 6. С. 11—15.

Предлагается новый метод решения нелинейных задач статистической динамики судна в частотной области, позволяющий оценивать вероятностные распределения амплитуд качки и пиковых значений нагрузок, определяющих прочность корпуса. Сопоставлены результаты расчетов с применением предложенного метода, а также с помощью методов статистической линеаризации и функционального преобразования случайных величин. Ил. 3. Библиогр.: 6 назв.

УДК 622.24.053:539.4

Ключевые слова: усталостная прочность, буровые трубы, дефектоскопия, надежность.

Шостак В. П., Голиков В. И. Алгоритм определения запаса усталостной прочности буровых труб при эксплуатации бурового судна // Судостроение. 1999. № 6. С. 15—17.

Приводится расчет фактического запаса усталостной прочности буровых труб при работе буровых судов и обосновывается необходимость постоянной дефектоскопии труб на борту судна с учетом приведенного расчета. Ил. 2.

УДК 629.55/.58.001.33

Ключевые слова: классификация, плавучие технические средства, нефтегазопромысловый флот.

Панков В. И. Классификация судов и плавучих технических средств нефтегазопромыслового флота // Судостроение. 1999. № 6. С. 17—20.

Дается классификация плавучих технических средств нефтегазопромыслового флота, обеспечивающих разведку и освоение морских нефтяных и газовых месторождений континентального шельфа. Ил. 6.

УДК 629.5.015.2:629.5.024.3

Ключевые слова: подводная лодка, гребной винт, гидродинамика, шумоизлучение.

Жаринов А. В., Векслер В. Я., Дронов Б. Ф. Влияние формы носовой оконечности подводной лодки на гидродинамические характеристики обтекания корпуса и шумность гребного винта // Судостроение. 1999. № 6. С. 21—26.

На основе модельных испытаний в аэродинамической трубе ГосНИЦ ЦАГИ и расчетов анализируется влияние формы носовой оконечности подводной лодки на гидродинамические характеристики обтекания корпуса и звук вращения гребного винта на лопастной частоте, позволяющие рассматривать отработку формы носовой оконечности как составляющую часть процесса

проектирования. Приводятся рекомендации для практического проектирования. Ил. 5. Табл. 4. Библиогр.: 4 назв.

УДК 629.12.03-843.6

Ключевые слова: судовые энергетические установки, диагностика, экспертные системы.

Экспертные системы технической диагностики «Вещун»/ Г. Ш. Розенберг, А. Н. Неелов, Е. С. Голуб, Е. З. Мадорский, М. Л. Винницкий // Судостроение. 1999. № 6. С. 27—30.

Рассматриваются основные принципы работы экспертной системы технической диагностики «Вещун». Приводится описание системы. Ил. 4. Табл. 2. Библиогр.: 2 назв.

УДК 629.5.036

Ключевые слова: водометные движители, отбор жидкости, эффективность.

Степанов А. М., Федоров А. Л. Энергетические перспективы водометных движителей // Судостроение. 1999. № 6. С. 31—34.

Рассказывается о возможности повышения энергетической эффективности судов и подводных объектов при использовании водометного движительного комплекса с распределенным отбором жидкости из пограничного слоя. Приводятся элементы теории и результаты экспериментальных исследований. Ил. 5. Табл. 2. Библиогр.: 6 назв.

УДК 681.322:621.316.001.63:629.5

Ключевые слова: автоматизированная система, проектирование, автономный морской объект.

Киреев Ю. Н., Карандашов А. Ю., Юрин А. В. Автоматизированная система проектирования судовых электрических сетей // Судостроение. 1999. № 6. С. 35—38.

Рассматриваются основные положения системы автоматизированного проектирования судовых силовых сетей распределения электроэнергии. Приведен вариант разработанного и реализованного авторами алгоритма при автоматизированном проектировании конкретного проекта морского автономного объекта. Ил. 2. Табл. 2. Библиогр.: 5 назв.

УДК 621.315.2:629.5

Ключевые слова: судовые кабели, диагностические параметры, техническое состояние, остаточный ресурс.

Висленев Ю. С., Кузнецов С. Е., Лемин Л. А. Оценка технического состояния судовых кабелей в эксплуатационных условиях // Судостроение. 1999. № 6. С. 38—40.

Приводится процедура оценки технического состояния судовых кабелей при их освидетельствовании с использованием штатных судовых и переносных электроизмерительных приборов и, при необходимости, результатов расчета остаточного ресурса и лабораторных испытаний. Ил. 2. Табл. 1. Библиогр.: 2 назв.

УДК 681.52'183:629.5.03

Ключевые слова: система централизованного контроля, параметр, информационная емкость.

Бубнов Е. А. Расширение функциональных возможностей средств отображения информации корабельных систем централизованного контроля // Судостроение. 1999. № 6. С. 41—43.

Даются характеристики схмотехнической реализации контроля технологических параметров судовой энергетической установки в системе централизованного контроля типа «Ротор». Предложены различные варианты совершенствования вызова информа-

ции на табло в эксплуатационных условиях. Ил. 3. Табл. 1. Библиогр.: 3 назв.

УДК 551.46.081.1

Ключевые слова: зонд, информация, температура, соленость, скорость звука, вектор течения, глубина.

Комляков В. А., Тарасюк Ю. Ф. Разовые зонды для измерения гидрофизических параметров океанической среды// Судостроение. 1999. № 6. С. 43—47.

Рассматривается область применения разовых гидрофизических зондов, основные параметры возможных каналов передачи информации и факторы, влияющие на точность определения измеряемого параметра и глубины погружения. Приведены конструкции пусковых устройств с дистанционным управлением, используемых на надводных кораблях для сбрасывания зондов. Ил. 7. Табл. 1. Библиогр.: 6 назв.

УДК 657.471.7:629.5

Ключевые слова: судостроительное предприятие, управленческий учет, конкурентоспособность.

Лебедева А. Ю. Проблемы управленческого учета в российском судостроении// Судостроение. 1999. № 6. С. 48—50.

Анализируется проблема оперативной системы учета и контроля судостроительных предприятий в рыночных условиях. Предметом управленческого учета в современных условиях является производственная деятельность предприятия. Ил. 1. Табл. 2. Библиогр.: 7 назв.

УДК 681.322:621.981.001.57

Ключевые слова: бесштамповая, бесшаблонная гибка, автоматизированная гибочно-правильная машина, компьютерная модель.

Компьютерное моделирование и экспериментальная проверка процесса ротационно-локальной гибки// А. Н. Ситников, В. В. Веселков, О. С. Куклин, Я. Г. Марголин, Ю. И. Платонов// Судостроение. 1999. № 6. С. 51—54.

Излагаются принципы компьютерного моделирования и автоматизации процессов ротационно-локальной гибки. Приводится экспериментальная проверка процессов на действующем макете автоматизированной гибочно-правильной машины АГПМ-15М. Ил. 7. Библиогр.: 7 назв.

УДК 629.311.25:621.039(24)

Ключевые слова: подземная атомная теплоэлектростанция, изготовление, блоки, модули.

Ива А. А., Герасимов Н. И. Применение судостроительных технологий при изготовлении блоков и модулей для подземной атомной теплоэлектростанции// Судостроение. 1999. № 6. С. 54—56.

Рассматриваются вопросы организации производства при изготовлении блоков и модулей подземной атомной теплоэлектростанции на базе судостроительных технологий. Ил. 3. Табл. 1. Библиогр.: 3 назв.

УДК 629.5.024.004.67(204.1):629.562.2

Ключевые слова: судно, ремонт, износ, гребной винт.

Луценко В. Т. Повреждения и ремонт подводной части БМРТ в Дальневосточном бассейне// Судостроение. 1999. № 6. С. 57—60.

Приводятся сведения о деформациях и износах корпусных конструкций, повреждениях гребных винтов и набора дейдвудных втулок, а также способах их устранения. Ил. 4. Табл. 1. Библиогр.: 10 назв.

ABSTRACTS

Khodorovsky A. L. Experience with application of various CAD systems in the design of hull lines

The paper deals with application of CAD systems in the design of ship hull lines with the use of the radiusography method. Requirements are given which must be complied with by CAD systems used in CDB MT «Rubin» in the design of marine vehicles.

Kryzhevich G. B. Probabilistic calculation procedure for non-linear ship motions and forces affecting hull structures

A new method is proposed for solving non-linear problems of ship static dynamics in a frequency field. The method permits to evaluate probabilistic distributions of pitch and roll amplitudes and peak values of loads defining the hull strength. Calculation results of the proposed method are compared with results obtained with the methods of statistical linearization and function generation of random variables.

Shostak V. P., Golikov V. I. Algorithm for determination of fatigue strength margin of drilling pipes in the operation of a drill ship

A calculation is given of an actual fatigue strength margin of drill pipes in the operation of drill ships and a need for regular survey of drill pipes for faults aboard ship with the use of the proposed calculation procedure is justified.

Pankov V. I. Classification of ships and floating technical facilities of oil and gas production fleet

The paper gives a classification of floating technical facilities of oil and gas production fleet which are used for prospecting and exploitation of offshore oil and gas deposits on the continental shelf.

Zharinov A. V., Vexlyar V. Ya., Dronov B. F. The influence of the shape of a submarine's forward extremity on hydrodynamic flow about its hull and propeller noisiness

Based on calculations and model tests in wind tunnel of Central Aerohydrodynamics Institute, an analysis is presented on the effect of the shape of a submarine's forward extremity on hydrodynamic characteristics of flow about its hull and propeller noisiness at a propeller blade frequency. This allows the development of the forward extremity to be considered as an integral part of the whole design process. Recommendations are given for practical design work.

Rosenberg G. Sh., Neelov A. N., Golub E. S., Madorsky E.S., Vinnitsky M. L. Technical diagnosis expert systems «Veshchun»

The main principles of operation of the technical diagnosis expert systems «Veshchun» are considered. A description of the system is given.

Stepanov A. M., Fedorov A. L. Power prospects of water-jet propellers

The authors consider a potential increase in power efficiency of ships and submersibles when using a water-jet propulsion system with distributed suction of sea water from a boundary layer. Some elements of theoretical studies and results of experimental investigations are presented.

Kireev Yu. N., Karandashov A. Yu., Yurin A. V. Automated design system for shipboard electrical networks

The paper considers the main aspects of an automated design system for shipboard power networks for distribution of electric power. The algorithm is presented which was developed and realized by the authors in the automated design of a specific autonomous marine vehicle.

Vislnev Yu. S., Kuznetsov S. E., Lemm L. A. Evaluation of the technical condition of shipboard cables in service conditions

A procedure is considered for evaluation of the technical condition of shipboard cables during their certification with the use of standard shipborne meters and portable electrical measuring instruments and, if necessary, results of calculation of residual service life and laboratory tests.

Bubnov E. A. Expanding functional capabilities of data display means of shipboard centralized control systems

The paper considers characteristics of circuit engineering methods of supervising process parameters of a shipboard power plant in centralized control system «Rotor». Various versions are proposed to improve data calls on the screen in service conditions.

Komlyakov V. A., Tarasyuk Yu. F. Expendable probes for measuring hydrophysical parameters of oceanic environment

The paper considers a field of application of expendable hydrophysical probes, features of their design, technical characteristics, basic parameters of possible channels for data transfer and factors affecting an accuracy of measured parameters and the depths of submergence. The authors present designs of remotely-controlled launching devices employed on surface ships for probe dropping.

Lebedeva A. Yu. Problems of management accounting in Russian shipbuilding

The author considers a problem of administrating accounting and supervision of shipyards in a marketplace environment. The objective of management accounting in modern conditions is a production activity of the enterprise.

Computer simulation and experimental verification of the local rotary bending process// A. N. Sitenkov, V. V. Veselkov, O. S. Kuklin, Ya. G. Margolin, Yu. I. Platonov

The authors set out principles of computer simulation and automation of local rotary bending processes on an experimental prototype of the automatic bending- straightening machine АГПМ-15М.

Iva A. A., Gerasimov N. I. Application of shipbuilding technologies to the manufacture of units and modules for an underground nuclear thermal electric station

The paper deals with problems of production engineering for the manufacture of units and modules for an underground nuclear thermal electric station on the basis of shipbuilding technologies.

Lutsenko V. T. Damage and repair on underwater part of large freezer trawlers in Far East water basin

Information is presented on deformations and wear of hull structures, damage to propellers and stern tube bearings, as well as methods of their elimination.

СОДЕРЖАНИЕ ЖУРНАЛА «СУДОСТРОЕНИЕ» ЗА 1999 ГОД

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СУДОВ

- АБРАМОВСКИЙ В. А. Амфибийные десантные корабли от «Ската» до «Зубра», № 4, с. 16.
Амфибийный катер на воздушной подушке типа «Рысь», № 2, с. 11.
АРДАШЕВ Б. П., КРУГЛОВ В. Н. Проекты отечественных судов-кабелеукладчиков с ледовыми усилениями корпуса, № 1, с. 9.
АФРАМЕЕВ Э. А. Проектный эксперимент: быстроходный катер — подводная лодка, № 4, с. 23.
АФРАМЕЕВ Э. А., ШМЕЛЕВ А. А. О перспективах использования скоростных СВП на Балтике, № 3, с. 9.
БИЛЕН Б., ЖЕРЬЯЛ М., БИЛЕН-КАТИЧ Б., ЛАЙИЧ З., МАРИНКОВИЧ М., ЯНКОВИЧ З. Новый подход к проектированию буксиров-толкатей, № 5, с. 9.
Вакуумный сборщик нефтепродуктов, № 2, с. 16.
ГАВРИЛОВ В. Г. «Новик» — наследник дедушки, № 4, с. 7.
ГЕЛЬТМАН Г. А., ГЕОРГИЕВСКАЯ Е. Р., ДУБРОВСКИЙ В. А. Специальные суда для труднопроходимых водных путей, № 2, с. 9.
ГОРОДЯНКО А. А. У истоков отечественного катеростроения, № 4, с. 10.
ГУРЬЕВ Ю. В., ПЕТРОВ Г. П. Количественные показатели маневренных свойств судна для определения потребности вспомогательных двигательных-рулевых комплексов, № 3, с. 15.
ЗЕЛЕНИН Н. С. Успокоитель качки судна, № 2, с. 17.
ИВЧЕНКО А. Л. Корабли «Алмаз» на защите морских границ, № 4, с. 8.
КОРОЛЬКОВ В. И. «Бора» и «Самум»: ударные корабли сквегого типа — приоритет России, № 4, с. 19.
КРЫЖЕВИЧ Г. В. Вероятностный метод расчета нелинейной качки судна и силовых воздействий на корпусные конструкции, № 6, с. 11.
КУЗЕНКОВ А. Крылатый «Ураган», № 4, с. 21.
ЛЕВИ Б. З. Базовые решения многовариантного судна, № 3, с. 11.
ПАНКОВ В. И. Классификация судов и плавучих технических средств нефтегазопромыслового флота, № 6, с. 17.
ПНОМАРЕВ А. В., САДОВНИКОВ Ю. М., МАВЛЮДОВ М. А. Применение механизма отрывных течений в судостроении, № 1, с. 12.
Проектирование и строительство ракетных катеров в послевоенный период, № 4, с. 13.
СЕРДЮК О. Ф. Эффективный путь ликвидации последствий аварийных разливов нефти, № 2, с. 14.
СУСЛОВ А. Н., ОДЕГОВА О. В. О необходимости создания в России комитета по структуризации данных для электронной модели судна, № 1, с. 16.
ХОДОРОВСКИЙ А. Л. Опыт применения различных САД-систем при проектировании обводов корпуса, № 6, с. 8.
ШЕЛАНГВИЧ Т. Перемещение и качка судна с якорной системой позиционирования, № 5, с. 15.
ШИПОВ А. И. Аналитический метод расчета несущей способности оболочек подводных технических средств, № 5, с. 20.
ШЛЯХТЕНКО А. В. ЦМКБ «Алмаз» — 50 лет, № 4, с. 3.
ШОСТАК В. П., ГОЛИКОВ В. И. Алгоритм определения запаса усталостной прочности буровых труб при эксплуатации бурового судна, № 6, с. 15.

ВОЕННОЕ КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ

- ВАСИЛЬЕВ А. М., КОЖЕВНИКОВ А. Н. Корабли управления, № 1, с. 18.
ВЕСЕЛСКИЙ В. Я. Использование композиционных материалов в двигателях подводных лодок, № 3, с. 21.
ЖАРИНОВ А. В., ВЕСЕЛСКИЙ В. Я., ДРОНОВ Б. Ф. Влияние формы носовой оконечности подводной лодки на гидродинамические характеристики обтекания корпуса и шумность гребного винта, № 6, с. 21.
НИКИФОРОВ Б. В. Развитие систем электропривода подводных лодок, № 5, с. 23.
ПОСТНОВ А. А. Магнитные модели подводных лодок, № 3, с. 19.
ХУДЯКОВ Л. Ю. «Virginiia» — вместе или вместе с «Seawolf»? № 5, с. 25.
ШМАКОВ Р. А. У истоков отечественного атомного подводного кораблестроения, № 2, с. 18.

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

- АРАТСКИЙ П. Б., ЛАВРОВ Ю. Г., ШАБАНОВ А. Ю. Использование модификаторов трения нового поколения для повышения ресурса судовых дизелей, № 3, с. 24.
ДОЛГОВ В. Н. Перспективы создания подводных атомных электростанций на базе корабельных технологий, № 5, с. 32.
ЛАХОВ Н. А., ПАХОМОВ К. Н., НЕХЕНДЗИ Е. Ю., ТАРАСОВ Р. А. Исследование напряженно-деформированного состояния элемента главного корабельного паропровода, № 2, с. 27.
ПЛОТНИКОВ Ю. И. Компьютеризованная многоцелевая система визуального контроля технологических средств судовых энергетических установок, № 5, с. 36.
РОЗЕНБЕРГ Г. Ш., НЕБЕЛОВ А. Н., ГОЛУБ Е. С., МАДОРСКИЙ Е. З., ВИННИЦКИЙ М. Л. Экспертные системы технической диагностики «Вешу», № 6, с. 27.
СТАЦЕНКО В. Н., СУМЕНКОВ В. М., СЕЛЕЗНЕВ Ю. С. Эффективность применения водотопливных смесей в судовых котлах, № 2, с. 31.

СУДОВЫЕ СИСТЕМЫ И УСТРОЙСТВА

- БОЛДАНОВ А. С., ШАНИХИН Е. Н. Новое средство повышения эффективности судовых трапов, № 3, с. 32.
ВЕТОХИН В. И. Опорно-упорные металлокерамические подшипники скольжения для глубоководных подводных аппаратов, № 1, с. 31.
КАСАТОВ В. А., РОМАНОВСКИЙ В. В. Системы электродвижения для перспективных судов, № 4, с. 35.
КОВАЛЬЧУК Л. И., СИМАНОВИЧ А. И. Принципы и алгоритмы построения инвариантных эталонов для функционального диагностирования судовых дизелей, № 1, с. 25.
КРАСНОВИДОВ В. А., ПОРЕЦКИЙ В. В. Российские судовые вентиляторы, № 1, с. 30.
КУЛЯЕВ О. П., САХАРОВ В. И. Совершенствованная конструкция судовой топливной цистерны, № 4, с. 37.
НИКИФОРОВ Б. В., РУСИН А. И., СКАЧКОВ Ю. В. Российские аккумуляторы нового поколения для ДЭПЛ, № 4, с. 33.
НОСОВ Е. П., РЫЖОВ В. А. Оценка основных характеристик двигателей для специализированных судов, № 3, с. 28.
ПНОМАРЕВА Л. В., ЯНКЕВИЧ А. И., ЯКОВЛЕВ В. И. Метод переработки судовых отходов до экологически безопасных продуктов, № 3, с. 31.
Секреты фирмы STRAUB, № 1, с. 32.
СИЛЬМАН М. А. Завод «Компрессор» — Военно-Морскому Флоту России, № 4, с. 27.
Современные системы трубопроводов, № 4, с. 40.
СТАРЦЕВ С. Б., СТАРЦЕВ Б. А. Оптимальные условия воздухообмена в замкнутых судовых помещениях для обеспечения санитарно-гигиенических норм, № 5, с. 40.
СТЕПАНОВ А. М., ФЕДОРОВ А. Л. Энергетические перспективы водометных двигателей, № 6, с. 31.
Техника трубных соединений фирмы STRAUB, № 5, с. 42.
ЧЕРКАШИН А. С. Статистические характеристики функций утечки хладагента из системы СХУ, № 1, с. 27.

ЭЛЕКТРО- И РАДИООБОРУДОВАНИЕ СУДОВ

- БЛАГУТИН С. Б., АДАШЕВ В. С. Зональная технология электропитания на судах, № 2, с. 35.
ВИСПЕНЕВ Ю. С., КУЗНЕЦОВ С. Е., ЛЕМИН Л. А. Оценка технического состояния судовых кабелей в эксплуатационных условиях, № 6, с. 38.
ГЕРМАН Г. В., КИРЕЕВ Ю. Н., КАРАНДАШОВ Ю. С., СОЛЮЯНОВ П. В. Устройства защитного отключения электронного прибора на напряжении 220 В/50 Гц, № 3, с. 34.
ДМИТРИЕВ Б. Ф., КИРЕЕВ Ю. Н., ГАВРИЛОВ И. В. Сравнительный анализ двухступенчатых преобразователей переменного напряжения в постоянное, № 1, с. 38.
КИРЕЕВ Ю. Н., КАРАНДАШОВ А. Ю., ЮРИН А. В. Автоматизированная система проектирования судовых электрических сетей, № 6, с. 35.
КОРМИЛИДИН Ю. И., НИКИФОРОВ Б. В., ШИШКИН Д. Ю. Развитие систем полного электродвижения дизель-электрических подводных лодок, № 1, с. 34.
ТУГАНОВ М. С., ПЕТРОВ Г. П., РОМАДАНОВ М. В., КОШЕЛЕВ А. В., ЗИЛЬБЕРМАН А. А. Пуск асинхронного двигателя переключения параллельных ветвей обмотки статора, № 2, с. 40.
ЯКОВЛЕВ А. Ф. Приближенный расчет диаграммы направленности антенн МВ-ДМВ, расположенных рядом с судными надстройками, № 2, с. 38.

МОРСКОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

- БУБНОВ Е. А. Расширение функциональных возможностей средств отображения информации корабельных систем централизованного контроля, № 6, с. 41.
ВЫСОЦКИЙ В. И., ИВАНЕНКО Н. С., КОРОВИЧЕВ К. К., НИКИФОРОВ Е. М. Определение упругих и демпфирующих характеристик плавучего проводника, используемого в современных системах связи, № 5, с. 45.
КЛЯЧКО Л. М. Результаты эксплуатации экспериментального образца автоматизированной системы управления движением судна, № 1, с. 42.
КОМЛЯКОВ В. А., ТАРАСЮК Ю. Ф. Розовые зонды для измерения гидрофизических параметров океанической среды, № 6, с. 43.
ПЕТРОВ Г. П., КОЗЛОВСКИЙ К. Л., ТОГАТОВ Д. В., ПЕТРОВ А. И. Импульсные источники питания для судовых систем автоматики и вычислительных комплексов, № 5, с. 43.

- СТАРЦЕВ С. Б., СТАРЦЕВ Б. А. Новая конструкция гидродинамического лага, № 2, с. 43.
ТИМОФЕЕВ А. Н., ТЕТЮЕВ Б. А. Применение устройств типа «черный ящик» на морских транспортных судах, № 1, с. 40.
ЧЕРНЯВЕЦ В. В., ЛЕДЕНЕВ Н. И., ПИРОГОВ Н. Н., СКОРОВ С. А., ЯНОВСКИЙ А. И. Некоторые аспекты навигационной безопасности экранированных, № 3, с. 35.
ЯНОВСКИЙ А. И., ЧЕРНЯВЕЦ В. В. «Проблема 2000» для судовых систем, № 4, с. 42.

ОРГАНИЗАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ПРОИЗВОДСТВА

- ГОРБАЧЕВ С. А., ДОГАДИН А. В., КОРАБЛЕВ А. В., СОКОЛОВ В. Ф. Организационно-технологические пути снижения накладных расходов на постройку судов, № 1, с. 44.
КОЛЕДОВА Т. А., ЯКУШЕВА Д. А. Международная практика поддержки судостроения, № 4, с. 46.
ЛЕБЕДЕВА А. Ю. Проблемы управленческого учета в российском судостроении, № 6, с. 48.
ЛОГАЧЕВ С. И. О необходимости государственной поддержки российского судостроения, № 2, с. 46.

ТЕХНОЛОГИЯ СУДОСТРОЕНИЯ И МАШИНОСТРОЕНИЯ

- БАРАБАНОВ Е. В., БУЛАТОВ А. С., СЯСЬКОВ А. В. Ультразвуковой контроль заточки резьбовых соединений узлов крепления механизмов и оборудования, № 2, с. 56.
ВАРГАСОВ Н. Р., ПЕСТОВ Н. Н., СОКОЛОВ В. Ф. Оптимизация технологических параметров горячей гибки балок из полосообразного профиля, № 3, с. 40.
ГАВРИЛИУК Л. П. Определение спецификационной жесткости корпусов подводных лодок при проведении ремонтных работ на плаву, № 5, с. 48.
ГОРИН С. В. Снижение вибрационной опасности пневматических рубильных молотков, № 3, с. 42.
ГОРЫНИН И. В., ЛЕГОСТАЕВ Ю. Л., МАЛЫШЕВСКИЙ В. А. Конструкционные материалы для освоения углеводородных месторождений арктического шельфа, № 4, с. 50.
ГРИШЕНКО Л. В., ШАРАПОВ М. Г., БИШОКОВ Р. В. Разработка и внедрение в судостроении порошковой проволоки малого диаметра для сварки низколегированных сталей, № 4, с. 57.
ГУТКИН Ю. М. Об одной задаче старых сухих доков, № 2, с. 52.
ИВА А. А., ГЕРАСИМОВ Н. И. Применение судостроительных технологий при изготовлении блоков и модулей для подземной атомной тепловых электростанций, № 6, с. 54.
ИЛЫН А. В., ЛЕОНОВ В. П., ХВАЛЫНСКИЙ В. Н. Влияние остаточных напряжений от сборки и сварки монтажных стыков на циклическую прочность корпусных конструкций, № 5, с. 50.
КАПУСТИН О. Е. О безопасности производства ацетилена и газопламенных работ, № 2, с. 58.
КУЗАРКОВ А. М., РОЗИНОВ А. Я., РЫДЛОВСКИЙ В. П., УТКИН В. Е. Контроль герметичности сварных соединений корпусных конструкций с применением вакуумных камер, № 1, с. 47.
НИКОЛАЕВ Г. И., ПАФФИЛОВ Н. А. Полимерные композиционные материалы судостроительного назначения, № 4, с. 59.
ПАВЛОВ В. Н., ТРУСОВ А. О., АЛЕКСАНДРОВ В. Л. Опыт внедрения ручного электроинструмента на напряжении 220 В в судостроительном производстве, № 1, с. 51.
СИТНИКОВ А. Н., ВЕСЕЛСКИЙ В. В., КУКЛИН О. С., МАРГОЛИН Я. Г., ПЛАТОНОВ Ю. И. Компьютерное моделирование и экспериментальная проверка процесса ротационно-локальной гибки, № 6, с. 51.
УШАКОВ Б. Г. Девятая всемирная конференция по титану, № 4, с. 67.
УШКОВ С. С., КУДРЯВЦЕВ А. С., КАРАСЕВ Э. А. Использование титана и легких сплавов в судостроении, № 4, с. 61.

РЕМОНТ И МОДЕРНИЗАЦИЯ СУДОВ

- ВИШНЯКОВ Ю. М., МАЛЫШЕВ С. П., ПЕЧИЛИЦЕВ В. М., ХОРОШЕВ В. Г. Малогабаритная станция комплексной переработки жидких радиоактивных отходов, № 3, с. 44.
ЛЕПОРК К. К., СПИРИДОНОВ А. В. Освидетельствование и дефектация силиконовых конденсаторов в период ремонта кораблей, № 1, с. 55.
ЛУЦЕНКО Т. В. Повреждения и ремонт подводной части БМРТ в Дальневосточном бассейне, № 6, с. 57.
МОСКАЛЕНКО А. Д., ЛАПИН Е. И., СУББОТИН В. А., ФЕДИН А. Е. Нетрадиционный способ подъема затонувшего судна, № 3, с. 49.
НИКИТИН В. С. Научно-техническая база судоремонта в Северодвинске, № 1, с. 54.

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОТДЕЛ

- АНТОНЕНКО С. В. Международная конференция судостроителей во Владивостоке, № 2, с. 70.
БАРКОВ А. Как возродить былую славу, № 1, с. 61.
Весна на Лоцманской: ЛКИ — 100 лет, № 2, с. 39.
Вопросы Российского агентства по судостроению, № 5, с. 59.
Выставка «Нева-99», № 6, с. 66.
Глеб Анастольевич Вахарловский, № 1, с. 66.
ГОРБАЧ В. Д. Инвестиционный проект «Верфи Санкт-Петербурга»: реструктуризация и реконструкция основных судостроительных предприятий города, № 4, с. 71.
Дайджест: ВМС и кораблестроение, № 4, с. 39.
ДЕМЧЕНКО А. П., ОДЕГОВА О. В. Управление грузовыми операциями на современном танкере, № 3, с. 63.
ЕФИМОВ О. П. Флагман судостроения, № 3, с. 51.
ЖАРКОВ Н. С. Фортпост славы корабельной, № 3, с. 52.
ЖЕЛТОВСКИЙ В. Г., ВЕРШИНИН А. В., ПЕТРОВИЧ Ч. С. Создание и развитие Приморского ЦКБ, № 6, с. 61.
Журнал «Двадцатое столетие» — 20 лет, № 6, с. 64.
Зарубежная информация, № 1, с. 67; № 2, с. 72; № 3, с. 68; № 4, с. 77; № 5, с. 68.
Из портфеля заказов, № 3, с. 18.
КЛЯЧКО Л. М. Первая отраслевая выставка «Судпром — нефтегазовым компаниям», № 1, с. 64.
Конференция по морским обучающим тренажерам, № 4, с. 45.
«Красные баррикады»: история и современность, № 1, с. 58.
ЛОКОТКОВ Г. И. ОАО «Новая ЭРА» расширяет рынки сбыта продукции, № 3, с. 61.
МОРИН А. Б. Справочник по фондам ЦВМА, № 2, с. 26.
На предприятиях судостроительной отрасли, № 1, с. 3; № 2, с. 3; № 3, с. 3; № 5, с. 3; № 6, с. 4.
На 5-й Международной выставке «Нефть и газ», № 4, с. 76.
Николаю Иоисфовичу Кваше — 70 лет, № 5, с. 22.
Новая испытательная лаборатория, № 2, с. 90.
Новые книги, № 1, с. 57.
Новые технологии, оборудование, материалы, № 2, с. 34.
ОВИНИКОВ В. И., ТИМОФЕЕВ А. Н. Первый морской форум России, № 1, с. 65.
Памяти Валентина Ивановича Ефимова, № 3, с. 27.
Памяти Евгения Ивановича Юхнина, № 2, с. 45.
Памяти товарища, № 1, с. 17.
ПОДСУШНЫЙ А. М. Научно-техническая конференция «Вологодские чтения», № 3, с. 66.
Портфель заказов и мировое судостроение в 1998 г., № 3, с. 67.
Программа возрождения торгового флота России будет продлена до 2005 года, № 5, с. 61.
ПРОШКИН С. Г. Российское морское подводное оружие на мировых акваториях, № 3, с. 57.
РГВМФ — 275 лет, № 1, с. 24.
Романов А. В. Зеленодольскому ПКБ — 50 лет, № 5, с. 54.
Сергею Никитичу Ковалеву — 80 лет, № 4, с. 74.
Судостроение Украины сегодня, № 2, с. 64.
Фрегат «Штандарт» — осуществленная мечта, № 5, с. 65.
ХОРУСТУХИНА Н. Юбилей «Витязя», № 4, с. 75.
Читуря Н. Три удара правительств, которые разрушили судостроение Украины, № 5, с. 64.
ЧЕРНЕНКО Д. А., РОМАНОВСКИЙ В. В. ЦКБ «Шхуна» — 70 лет на реке и на море, № 2, с. 60.
Юбилейное заседание редколлегии журнала «Судостроение», № 1, с. 43.

ИСТОРИЯ СУДОСТРОЕНИЯ

- БАЛАБИН В. В., ВОЛКОВ А. В. Деятели российской школы прикладной механики в эмиграции: Г. Н. Пио-Ульский, № 5, с. 76.
БИРЮК В. С. Судоремонт на Черном море в годы Великой Отечественной войны, № 3, с. 71; № 5, с. 73.
БОГОМОЛОВ В. С. Ученый — новатор, № 6, с. 76.
ГРИБОВСКИЙ В. Ю. Ремонт и восстановление кораблей и судов в годы Великой Отечественной войны, № 1, с. 79.
ЗУЕВ Г. И. Две ипостаси императорской яхты «Штандарт», № 2, с. 77.
ИГНАТЬЕВ Э. П. Катер «Дагмар», № 6, с. 74.
КОЖЕВНИКОВ А. Н. Первая серия активных успокоителей качки в отечественном флоте, № 2, с. 87.
Организатор морского приборостроения (к 90-летию Г. М. Чуйкова), № 3, с. 78.
РАССОЛ И. Р. Михаил Николаевич Беклемиев, № 1, с. 86.
СМИРНОВ К. Д. Вооружение судов ледокольного отряда Беломорской военной флотилии, № 6, с. 69.
СМИРНОВ К. Д. Ледокол «Ермак», № 3, с. 69.
ЧЕРНИКОВ И. И. Бронепроходы Днепровской флотилии, № 2, с. 84.
ЧЕРНИКОВ И. И. Тяжелые канонерские лодки Днепровской флотилии, № 5, с. 70.
ХУДЯКОВ Л. Ю. О глубинах погружения советских и германских подводных лодок периода второй мировой войны, № 1, с. 70.
ЯКУШЕВ В. И. Вклад В. П. Костенко в разработку проектов судостроительных заводов в Комсомольске-на-Амуре и Северодвинске, № 3, с. 76.