СУДОСТРОЕНИЕ

Издается с 1898 г.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

№ 3
2004

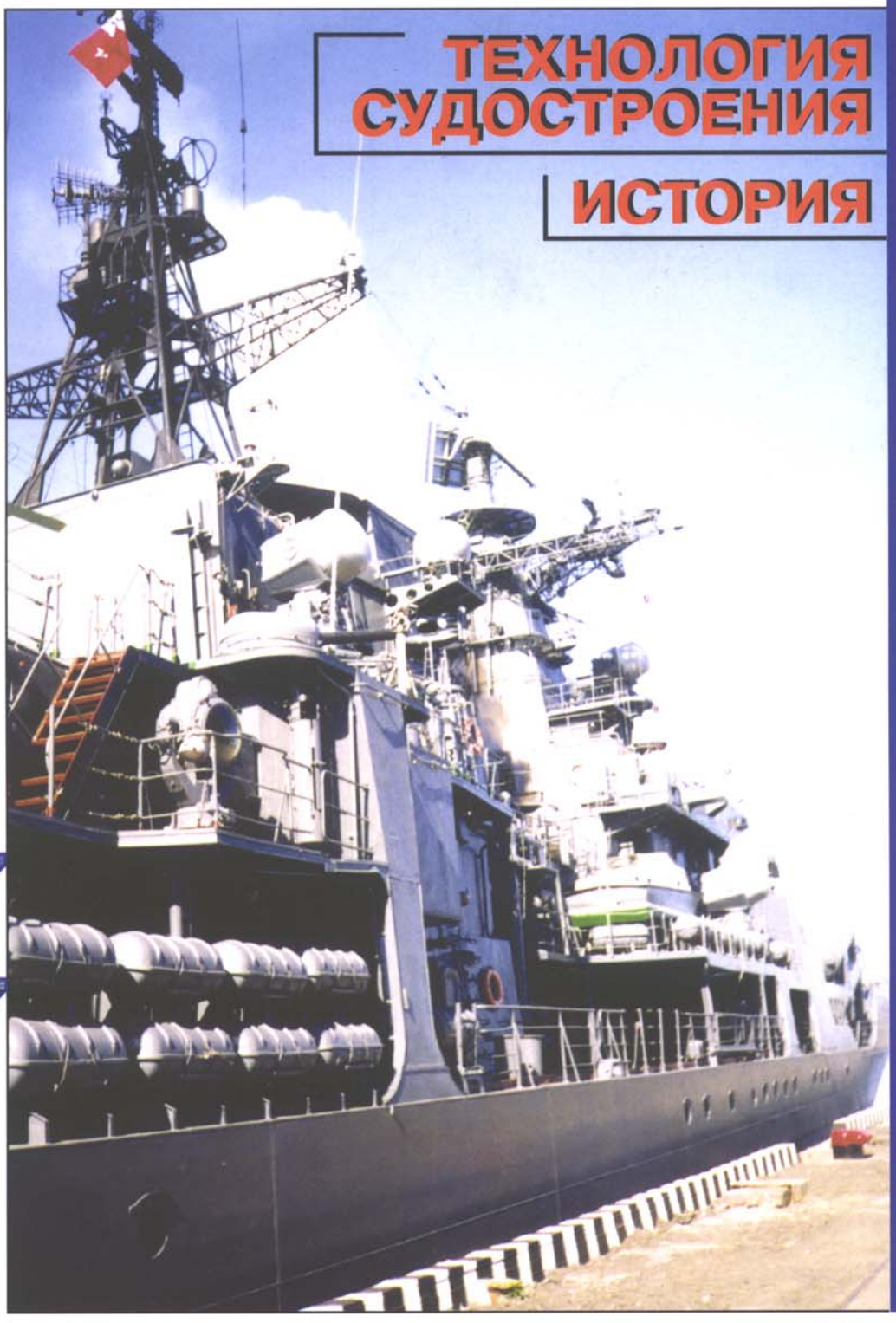
ПРОЕКТИРОВАНИЕ СУДОВ

ВОЕННОЕ КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ

СУДОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

ТЕХНОЛОГИЯ СУДОСТРОЕНИЯ

ИСТОРИЯ



ISSN 0039-4580

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

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

СУДОСТРОЕНИЕ

3•2004
(754) май—июнь

Издается с сентября 1898 г.

СОДЕРЖАНИЕ

НА СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ 3

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СУДОВ

Климашевский С. Н. К вопросу о расчетном определении водоизмещения подводных транспортных судов на ранних стадиях проектирования 9

Родионов В. А. Анализ эффективности современных водометных движителей и возможные направления их совершенствования 13

Полищук С. П. Метод определения размеров элементарной площадки для поиска топологически слабых мест при проектировании корабля 16

Новые танкеры «Совкомфлота» 17

Новые суда из Севастополя 20

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

Лерман Е. Ю., Горшков В. Ф., Барановский В. В. Судовое дизелестроение: современное состояние и перспективы 22

Барановский В. В. Обоснование выбора главных энергетических установок на стадии исследовательского проектирования кораблей 25

Данилов А. Т., Ластовцев А. Ю. Влияние ледовых условий на температурный режим работы главной конденсационной установки атомных ледоколов 28

ЭЛЕКТРО- И РАДИООБОРУДОВАНИЕ СУДОВ

Марков В. Г., Лозовой А. В. Применение излучающих коаксиальных кабелей для контроля антенн в воздушной и проводящих средах 33

Муравченко В. Л. Способ снижения паразитного излучения корабельных радиопередатчиков 36

ОРГАНИЗАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ПРОИЗВОДСТВА

Кузютина М. Ю., Конопацкий В. М. Основные тенденции структурных преобразований в судостроительной отрасли 37

ТЕХНОЛОГИЯ СУДОСТРОЕНИЯ И МАШИНОСТРОЕНИЯ

Ковалев И. В., Матвеев С. А., Куклин О. С. Перспективы использования компьютерного моделирования при создании гибочно-правильного оборудования нового поколения 39

Абачараев И. М., Абачараев М. М. Опыт применения газотермических покрытий для защиты металлоконструкций от обрастания 43

Гуус Шорнагель. Приспособление ESAB Railtrack FW 1000 ускорило строительство самой большой в мире яхты из алюминия 44

РЕМОНТ И МОДЕРНИЗАЦИЯ СУДОВ

Баранов П. С. Позняк К. С. Операция по возвращению в исходное состояние АПЛ, опрокинувшейся в плавучем доке 48

Калистратов Н. Я., Репин А. В., Тупицын С. С. Обеспечение сверхнормативного срока эксплуатации патрубков ПРКБ циркуляционных трасс АПЛ 51

УТИЛИЗАЦИЯ СУДОВ

Анитропов В. А., Александров Н. И., Розинов А. Я., Тарасов И. Н. Особенности утилизации судов атомного технологического обслуживания 54

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОТДЕЛ

Инрыбпром (59). **Бычковский А. Г.** Строительство траулеров на «Звездочке» (60). «Транзас» расширяет сферу деятельности (62). Видный кораблестроитель России (63). Зарубежная информация (64). К 100-летию со дня рождения академика Н. Н. Исанина (21). Конференция к 300-летию «Адмиралтейских верфей» (36). Блиц-новости (38, 66). Академику РАН Владимиру Григорьевичу Пешехонову — 70 лет! (46). «Морской некрополь Петербурга» (47). Конференция по РЭБ (58)

ИСТОРИЯ СУДОСТРОЕНИЯ

Афонин Н. Н. «Стерегущий» 67

Титушкин С. И., Прасников В. Б. Корабельная артиллерия в русско-японской войне 1904—1905 гг. 70

Черников И. И. Плавбатареи Амурской флотилии 75

Локшин А. З. Воспоминания об академике Ю. А. Шиманском 77

Наймушин И. Н. Директор Кораблестроительного департамента И. Т. Быченский 78

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР
В. Я. Поспелов — генеральный директор Россудостроения

ПЕРВЫЙ ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА
В. Д. Горбач — генеральный директор ЦНИИТС

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ
В. Л. Александров — ген. директор «Адмиралтейских верфей», президент НТО им. акад. А. Н. Крылова
А. А. Андреев — директор издательства «Судостроение»
Ю. И. Бородин — директор ЦНИИ «Курс»
В. В. Венков — ген. директор СЗ «Северная верфь»
В. В. Войтецкий — ген. директор НПО «Аврора»
Н. Ф. Волов — ген. директор ПСЗ «Янтарь»
И. В. Горынин — ген. директор ЦНИИ КМ «Прометей»
В. Л. Галка — директор ЦНИИ СЭТ
Н. С. Жарков — ген. директор завода «Красное Сормово»
А. А. Завалишин — зам. начальника и гл. инженер ЦКБ МТ «Рубин»
И. Г. Захаров — начальник I ЦНИИ МО РФ
А. Г. Иванов — директор ЦНИИ «Центр»
Н. Я. Калистратов — ген. директор МП «Звездочка»
В. И. Кидалов — ген. директор НПО «Марс»
С. А. Климов — ген. директор НПО «Альтаир»
С. Д. Климовский — ученый секретарь ЦВММ
Л. М. Клячко — первый зам. ген. директора Россудостроения
В. П. Королев — зам. ген. директора Россудостроения
Ю. А. Корякин — директор ЦНИИ «Морфизприбор»
Ю. А. Максимов — ген. директор Калужского турбинного завода
В. Ю. Маринин — начальник управления Россудостроения
В. С. Никитин — директор НИПТБ «Онега»
В. А. Никольцев — ген. директор ЦНИИ «Гранит»
В. П. Олеванов — директор ГМЗ «Салют»
Д. Г. Пашаев — ген. директор ПО «Севмашпредприятие»
В. М. Пашин — директор ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова
В. Г. Пешехонов — директор ЦНИИ «Электроприбор»
Н. Г. Повзык — ген. директор Амурского судостроительного завода
С. Г. Прошкин — директор ЦНИИ «Гидроприбор»
В. Н. Пялов — начальник — ген. конструктор СПМБМ «Малахит»
В. А. Радченко — ген. директор завода «Звезда»
Л. В. Стругов — начальник управления Россудостроения
В. С. Чачко — директор НИИ морской теплотехники
В. В. Шаталов — ген. директор КБ «Вымпел»
А. В. Шляхтенко — начальник — ген. конструктор ЦМКБ «Алмаз»
О. Б. Шуляковский — ген. директор Балтийского завода
В. Е. Юхнин — начальник — ген. конструктор Северного ПКБ

ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА
А. Н. Хаустов, тел. (812)186-05-30, факс: (812)186-04-59
e-mail: cniits @telegraph. spb.ru

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ
В. В. Климов, тел. (812)186-16-09

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

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

ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ ФГУП ЦНИИТС

© Журнал «Судостроение», 2004

SCIENTIFIC, TECHNOLOGICAL AND INDUSTRIAL JOURNAL

Founders:
Russian Agency for Shipbuilding (Rossudostroenie),
A. N. Krylov Scientific and Technical Society of Shipbuilders

SUDOSTROENIE
SHIPBUILDING

3•2004
(754) May—June

Published since September 1898

CONTENTS

AT THE SHIPYARDS

SHIP DESIGN

Klimashevsky S. N. About the problem of calculating determination of underwater cargo-carrying ships displacement at the early stages of design 3

Rodionov V. A. Analysis of modern water-jet propulsors efficiency and possible direction of their improvement 9

Polischuk S. P. Method of determination of elementary area size for search of topologically weak places in the process of ship design 13

New tanker of «Sovkomflot» 16

New ships from Sevastopol 17

SHIPBOARD POWER PLANTS

Lerman E. Yu., Gorshkov V. F., Baranovsky V. V. Marine diesel engineering: modern situation and prospects 20

Baranovsky V. V. Grounding of selection of main power plants at the stage of ship research design 22

Danilov A. T., Lastovtsev A. Yu. Influence of ice condition upon performance temperature mode of main condensers of nuclear icebreakers 25

MARINE ELECTRICAL AND RADIO EQUIPMENT

Markov V. G., Lozovoy A. V. Use of radiating coaxial cables for control of antennas in air and conducting mediums 28

Muravchenko V. L. Method for reduction of spurious radiation of shipboard radio transmitters 33

INDUSTRIAL ENGINEERING AND ECONOMICS

Kuzyutina M. Yu., Konopatsky V. M. Main tendencies in structural reorganization of shipbuilding industry 36

SHIPBUILDING AND MARINE ENGINEERING TECHNOLOGIES

Kovalyov I. V., Matveev S. A., Kuklin O. S. Prospectives of use of computer modeling during creation of new generation bending-straightening equipment 37

Abacharaev I. M., Abacharaev M. M. Experience in use of gas-thermal coatings for protection of metal structures from biofouling 39

Guus Shornagel. ESAB Railtrack FW 1000 attachment made faster the building of the greatest aluminum yacht in the world 43

REPAIR AND MODERNIZATION OF SHIPS

Baranov P. S., Poznyak K. S. Operation of NS return into initial position after its overturn in floating dock 44

Kalistratov N. Ya., Repin A. V., Tupitsyn S. S. Provision of over-normative service life of RCKS of NS circulation lines 48

UTILIZATION OF SHIPS

Anitropov V. A., Alexandrov N. I., Rozinov A. Ya., Tarasov I. N. Particular features of utilization of nuclear technological service ships 51

INFORMATION SECTION

Inrybprom (59). Bychkovsky A. G. Building of trawlers at «Zvyozdochka» (60). «Tranzas» expands the area of operations (62). Outstanding Russian shipbuilder (63). Foreign information (64). To the 100-th anniversary of academician N. N. Isanin (21). Conference for 300-th anniversary of «Admiralty yards» (36). Blitz-news (38, 66). RAS academician Vladimir Grigor'evitch Peshekhonov is 70 years old (46). Marine necropolis of Petersbourg (47). Conference about ROB (58) 54

HISTORY OF SHIPBUILDING

Aphonin N. N. «Stereguschy» 67

Titushkin S. I., Prasnikov V. B. Shipboard artillery in Russia-Japan war of 1904—1905 70

Chernikov I. I. Floating artillery batteries of Amur flotilla 75

Lokshin A. Z. Recollecltions about academician Yu.A. Shimansky 77

Naymushin I. N. Director of shipbuilding department I.T. Bychensky 78

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

На 1-й стр. обложки — эсминец «Беспокойный» пр. 956 у причала морского вокзала в Санкт-Петербурге во время первого Международного военно-морского салона 25—29 июня 2003 г. (фото А. Н. Хаустова); на 3-й стр. — фотоснимки из собрания Н. Н. Афонина; на 4-й стр. — спуск на воду 21 марта 2004 г. сухогруза «Heydar Aliyev» со стапеля ОАО «Волгоградский судостроительный завод» (фото предоставлено заводом)

Журнал выпущен при поддержке ФГУП «Адмиралтейские верфи», ФГУП «Северное ПКБ»

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

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

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

Цветоделение
О. И. Руденко

Перевод
К. Д. Могилко

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

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

При перепечатке ссылка на журнал «Судостроение» обязательна

Подписано в печать 7.05.2004 г.
Каталожная цена 100 руб.

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

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

НА СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

ОАО «БАЛТИЙСКИЙ ЗАВОД»

Завершено строительство серии фрегатов для Индии. 19 апреля 2004 г. завод передал ВМС Индии третий фрегат пр. 11356, получивший название «Tabar» (в переводе с санскрита — «Секира»). Торжественная церемония состоялась в Балтийске (Калининградская обл.). Первые два корабля этой серии — «Talwar» («Меч») и «Trishul» («Трезубец») сданы в июне 2003 г.

Межгосударственный контракт на строительство трех фрегатов пр. 11356, разработанного Северным ПКБ, между ФГУП «Рособоронэкспорт» и министерством обороны Индии был подписан в конце ноября 1997 г. Стоимость всего контракта составляет около 1 млрд дол. Третий фрегат заложили на стапеле Балтийского завода 26 мая 2000 г., спустили на воду через год, 25 мая 2001 г. В конце 2003 г. в районе военно-морской базы Балтийска провели заводские ходовые, государственные и приемопередаточные испытания, которые были совмещены с морской практикой индийского экипажа.

Построенные фрегаты являются самыми современными в мире кораблями своего класса. По своему назначению и составу вооружения они универсальны и обладают большой огневой мощью: на них установлены 100-мм артиллерийские установки, ударные противокорабельные ракетные комплексы «Club-N», ЗРК средней дальности «Штиль» для защиты от противокорабельных ракет в ближней зоне, торпедные аппараты и реактивные бомбометы. Основные размерения корабля: длина 124,8 м, ширина 15,2 м, водоизмещение стандартное 3620 т, полное — 4035 т, осадка при стандартном водоизмещении 4,5 м.

Передачей 19 апреля 2004 г. ВМС Индии фрегата «Tabar» ОАО «Балтийский завод» завершил крупный контракт по строительству трех экспортных фрегатов пр. 11356. На снимке Владимира Сульженко, сделанном с борта вертолета, пилотируемого Александром Петровым, — головной фрегат «Talwar» во время ходовых испытаний в Балтийском море («Военный парад»)

* * *

29 марта завод передал заказчику третий речной танкер «Proteus», построенный для голландской компании Rensen Shipbuilding B. V., а в середине марта 2004 г. эта компания заключила с предприятием новый контракт на строительство уже шестого танкера.

«Я поражен тем прогрессом, который совершил Балтийский завод в скорости и качестве строительства корпусов, — заявил г-н Ренсен, владелец компании Rensen Shipbuilding B. V., — именно поэтому решение разместить заказ на постройку шестого танкера было принято в пользу этого предприятия».

Выкатка третьего танкера из эллинга состоялась 26 марта. Танкер, принадлежащий к последнему поколению судов-бункеровщиков, предназначен для перевозки химикатов и продуктов нефтепереработки на европейских речных линиях. Порт приписки нового судна — Антверпен (Бельгия). Длина судна 109,9 м, ширина 13,5 м, осадка 5,32 м, водоизмещение 3500 т, масса корпуса около 1000 т.

Строительство судов для голландского заказчика позволило заводу усовершенствовать систему планирования производства. Сейчас специалисты предприятия просчитывают ход работ на заказах с точностью до одного дня.

Выкатка танкера «Proteus из эллинга ОАО «Балтийский завод» (www.bz.ru)

К формированию пятого корпуса завод приступил в апреле. Корпус шестого танкера будет строиться по проекту, разработанному заказчиком. Технические характеристики нового судна идентичны «Vancouver» — первому танкеру серии. К выполнению этого заказа завод приступил в конце мая. Передача танкера заказчику запланирована на октябрь 2004 г.

ФГУП НПО «АВРОРА»

При анализе причин корабельных аварий весьма важно располагать документированной информацией о состоянии корабельного оборудования, действиях экипажа и т. п. По заданию ВМФ специалисты ФГУП НПО «Аврора» в кооперации с ФГУП ЦНИИ «Гидроприбор», ОАО «Прибор», ИПУ РАН им. В. А. Трапезникова и научно-исследовательскими учреждениями ВМФ создают систему мониторинга и документирования типа «черный ящик» для подводных лодок и надводных кораблей. После разработки принципов построения и топологии системы была принята ее структурная схема. Применительно к подводным лодкам система должна обеспечивать: сбор информации о работе систем (включая голосовую) и технических средств; запись информации на электронные носители с заданной периодичностью; фиксацию ряда параметров состояния лодки собственными датчиками; автоматическое отделение всплывающих устройств с задокументированной информацией при аварии либо по команде, передаваемой по гидроакустическому каналу спасателями; передачу сигналов об аварии по космическим каналам связи, включая координаты всплывшего устройства; бесперебойное электропитание устройств системы при отсутствии корабельного энергообеспечения; передачу информации от экипажа. В ходе привязки системы к конкретным кораблям ее состав и условия эксплуатации будут уточняться. Разработана также модель взаимодействия поисково-спасательных сил и средств ВМФ с кораблями, на которых будет установлена данная система.

ГМА им. адмирала С. О. МАКАРОВА

6 апреля на базе Морского учебно-тренажерного центра Государственной морской академии им. адмирала С. О. Макарова московское ЗАО «РИЭМ-дивижн» провело презентацию нового оборудования морской мобильной спутниковой связи норвежской фирмы Nera Satcom AS, которая работает в этой области уже 25 лет. Терминал Nera Fleet 77 (или F77) обеспечивает сочетание надежной связи на море с деловыми контактами с берегом; судно приобретает облик мобильного офиса, так как помимо голосовой телефонной и факсимильной связи есть возможность пакетной передачи данных (режим MPDS — Mobile Packet Data Service), работы электронной почты, безопасного доступа в Интернет и Интранет. Таким оборудованием могут оснащаться военные корабли, транспортные суда; на яхтах, рыболовных и прибрежных судах могут устанавливаться терминалы Nera F55 или Nera F33. Работая в глобальной системе мобильной спутниковой связи Inmarsat, это оборудование обеспечивает передачу в любой момент данных со скоростью до 64 кбит/с.

www. rearmdiv. ru

ОАО МЗ «АЛМАЗ»

Морской завод «Алмаз» выиграл государственный тендер на поставку Морской администрации порта Калининград скоростного катера для службы капитана порта. Проект разработан ООО «Рикошет» на базе представительской моторной яхты пр. Р1290, построенной в 2002 г. для частного заказчика. Новый 13-метровый комфортабельный катер сможет взять на борт 12 пассажиров. Два дизельных двигателя обеспечат ему высокую маневренность и максимальную скорость 26 уз. В качестве материала для корпуса и надстройки будет использован алюминиево-магниевый сплав.

ОАО ЛСЗ «ПЕЛЛА»

На заводе успешно развивается постройка современных буксиров. 20 апреля был спущен на воду буксир «Тоаз» (пр. 90600) с полноповоротной винторулевой колонкой. Буксир — первый из двух, заказанных ОАО «Тольяттиазот», — будет эксплуатироваться на Черном море. 4 апреля состоялась закладка буксира пр. 2509 для ЗАО «Морской торговый порт Калининград». Буксиры строятся по лицензии голландской фирмы Damen. В этом году предстоит сдать несколько новых буксирных судов. Судостроение для ОАО ЛСЗ «Пелла» становится основным направлением работ.

ОАО РЦПКБ «СТАПЕЛЬ»

Ростовское ЦПКБ «Стапель» выиграло тендер, организованный Дирекцией по строительству и эксплуатации автомобильных дорог Иркутской области, на проектирование грузопассажирского парома для озера Байкал. Судно будет иметь длину 40 м, ширину 11 м, высоту борта 3,7 м, осадку 1,5 м, дедвейт 120 т. Оно будет работать на паромной переправе между п. МРС и о. Ольхон, беря на борт до 120 пассажиров, 20 легковых автомашин, семь грузовиков.

ОАО «ВОЛГОГРАДСКИЙ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД»

5 мая на заводе спущен на воду несамоходный танкер «Палойл-4» пр. 004ROBO4 (Морское инженерное бюро, Одесса), построенный для судоходной компании «Палмали». Предыдущее однотипное судно «Палойл-3» грузоподъемностью 4320 т было сдано 14 апреля тому же заказчику и уже используется для перевозки мазута. Основные элементы и характеристики: длина 92,58 м (наибольшая 93 м), ширина 16,5 м (габаритная 16,7 м), высо-

та борта 5 м, осадка в реке/море 3,4/3,6 м, грузоподъемность соответственно 3897/4324 т, осадка в балласте 1,54 м, объем 12 грузовых и двух отстойных танков 4620 м^3, объем балластных танков 1009 м^3, подача грузовых гидравлических насосов 2 х 300 м^3/ч. Имеется автономный энергомодуль для обеспечения работы гидростанции. Танкер предназначен для транспортировки сырой нефти и нефтепродуктов без ограничения по температуре вспышки. Танки имеют гладкую внутреннюю поверхность — набор палубы ориентирован наружу. Проект предусматривает постройку на класс Российского речного регистра ✠ М-ПР2,5, несамоходное наливное судно либо на класс Российского Морского Регистра Судоходства К ✪ III СП, нефтеналивное (ОРП).

ОАО СЗ «СЕВЕРНАЯ ВЕРФЬ»

Актуальной задачей современного судостроения является реализация на практике концепции ИПИ/CALS-технологий, которая требует, чтобы все процессы жизненного цикла (ЖЦ) корабля (от проектирования до утилизации) находили свое отражение в едином информационном пространстве, используемом всеми участниками ЖЦ для решения своих задач с помощью компьютерной техники. В феврале 2003 г. Минпромнауки утвердило «Программу работ по реализации пилотного проекта информационной поддержки этапов ЖЦ сложных технических изделий судостроения (ИПИ-технологий)». Базовым предприятием по реализации этой программы в судостроении на период до 2006 г. стала «Северная верфь»; работы развернуты применительно к корвету пр. 20380. По сути, требуется для этого корабля создать необходимые электронные модели и отработать на их основе взаимодействие всех участников ЖЦ корабля в единой интегрированной информационной среде.

Поэтому не случайно ОАО СЗ «Северная верфь» вместе с НТО судостроителей им. академика А. Н. Крылова и ЗАО «Ниеншанц» организовало и провело 22 апреля 2004 г. в ФГУП ЦНИИТС специализированную конференцию «Интеграция предприятий», посвященную организационным и технологическим схемам электронного взаимодействия участников создания и эксплуатации корабля. Опытом первых работ в области ИПИ/CALS-технологий, организации единого информационного пространства при реализации пилотных проектов, создании электронных моделей изделий поделились с участниками конференции специалисты ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова, НИЦ CALS-технологий «Прикладная логистика», КБ «Вымпел», «Адмиралтейских верфей», «Северной верфи», 51 ЦКТИС ВМФ, КБП, 1 ЦНИИ МО РФ, а также «Би Питрон» и «Ксерокс СНГ». Хотя в отрасли уже накоплен значительный потенциал в области информационных технологий, задача ИПИ на всех стадиях ЖЦ изделий вызывает еще много вопросов. Данная конференция как раз и была нацелена на их решение.

Буксир пр. 90600 с полноповоротной винторулевой колонкой (ОАО ЛСЗ «Пелла»)

ФГУП ЦМКБ «АЛМАЗ»[1]

В 1999—2003 гг. внедрение компьютерных технологий в бюро велось по следующим направлениям: автоматизация выпуска конструкторских документов на стадиях технического и рабочего проектов; ввод в эксплуатацию локальной вычислительной сети (840 точек подключения); разработка сетевых баз данных; разработка и внедрение прикладных программ автоматизации инженерных расчетов, электронного документооборота и архива; опытная эксплуатация судостроительной CAD/CAM системы Tribon, приобретенной в 2002 г.

Для исследования вопросов, связанных с ИПИ/CALS-технологиями, проведены опытные работы с использованием PDM-систем Party Plus и Smart Team. Для одного из разрабатываемых проектов корабля решены следующие задачи:

- разработаны правила построения состава изделия и структуры документации;
- настроены электронный архив документации и прикладные программы для работы с электронными документами;
- зарегистрированы пользователи и группы пользователей по административному (отделы) и функциональному (конструкторы, ведущие специалисты, руководители подразделений и т. д.) признакам;
- разработаны методы разграничения прав доступа и простановки атрибутов-подписей на объекты проектирования и документы для пользователей и групп;
- разработаны типовые маршруты прохождения проектных документов;
- созданы и наполнены классификаторы материалов и оборудования;
- сделана настройка пользовательских форм для ввода и редактирования данных;
- разработаны отчеты (выходные формы) для формирования выходных документов.

В настоящее время активно исследуются возможности формирования интерактивных электронных технических руководств (ИЭТР), предназначенных для организаций, которые будут эксплуатировать проектируемые корабли. Примеры ИЭТР разработаны в системе TG Builder.

ОАО КБ «ВЫМПЕЛ»[1]

За почти семилетний период эксплуатации в бюро системы Tribon, основу которой составляет электронная модель судна, накоплен значительный опыт в этой области, который может использоваться для информационной поддержки в течение жизненного цикла судна. Отработан, в частности, процесс оперативной передачи модели средствами электронной почты с использованием защищенной страницы вэб-сайта КБ и процедуры доступа по согласованному с заказчиком идентификатору и паро-

[1] По материалам конференции «Интеграция предприятий».

лю. Применяемые информационные связи в КБ обеспечивают непрерывный процесс автоматизированного проектирования с получением полного конструкторского (электронного) описания проекта, пригодного для дальнейших задач технологической подготовки производства и документального оформления проекта. В качестве информационной основы выступает система БАНК-СП собственной разработки КБ «Вымпел». Внутренние и внешние пользователи могут получить доступ с помощью интернет-технологии к электронному архиву документов рабочих проектов (спецификациям, чертежам) на основе кэширования информации из системы БАНК-СП через выделенный КЭШ/вэб-сервер.

Работы по программированию ядра архива для демонстрации его возможностей выполнены в первом квартале 2004 г. Внедрение в КБ предполагается начать, привлекая к пользованию электронным архивом в первую очередь средний руководящий состав подразделений на основе бездисковых терминальных станций локальной сети, стимулируя тем самым продвижение технологии в направлении широкого круга внутренних пользователей и внешних клиентов.

ФГУП 51 ЦКТИС ВМФ МО РФ[1]

В 51 Центральном конструкторско-технологическом институте судоремонта ВМФ разработан и тестируется прототип программы расчета трудоемкости ремонтных работ на основании информации о структуре корабля и справочных данных о трудоемкости ремонтных работ, взятых из действующих ведомственных калькуляционных нормативов и других источников. Данный подход реализуется, в принципе, следующим образом:

в составе технического проекта корабля технологическая организация по судоремонту с участием проектанта разрабатывает «Общее руководство по ремонту корабля», в котором определяются принципиальные вопросы технологии и организации ремонта;

головная организация по судоремонту на основе принципиальной технологии ремонта, электронной модели корабля и информации баз данных, описывающих структуру корабля, разрабатывает укрупненный перечень типовых ремонтных и сопутствующих работ, проводимых при техобслуживании и ремонте, т. е. создает электронную типовую ремонтную ведомость корабля (ЭТРВ);

используя ЭТРВ, информацию по электронным калькуляционным нормативам по труду (или иные источники трудоемкости на установленное или аналогичное оборудование корабля), производится расчет трудоемкости их выполнения.

В дальнейшем, в ходе эксплуатации база данных пополняется информацией о неисправностях и отказах, данными предремонтной дефектации, объемах и сроках конкретного ремонта; она должна быть доступна проектантам.

На стадии технического проекта необходимо произвести технико-экономическое обоснование утилизации корабля с конкретизацией линий реза, массогабаритных характеристик получаемых конструкций, технологии и трудоемкости работ.

ГУП КБП[1]

Тульское «КБ приборостроения» разработало автоматизированную технологию подготовки ИЭТР, которая позволяет ускорить переход к электронным формам представления эксплуатационной документации, повысить качество обучения персонала, обеспечить поддержку процессов эксплуатации и выполнения регламентных работ, диагностики оборудования и поиска неисправностей, а также сократить время, необходимое для заказа материалов и запасных частей. В ИЭТР интегрируется вся требуемая информация по изделию (3D-модели, текст, фото- и видеоматериалы и др.) в мультимедийной, удобной для эффективного восприятия форме.

Элементы данной технологии отрабатывались в процессе создания ИЭТР на ряд экспортируемых изделий, а также артблок комплекса «Каштан». ИЭТР использовались, в частности, при обучении специалистов инозаказчика. При этом по сравнению со стандартными текстами и плакатами время обучения сокращалось в 2—2,5 раза в результате большей наглядности и доступности материала.

ФГУП «АДМИРАЛТЕЙСКИЕ ВЕРФИ»

97% планового объема производства предприятия в 2004 г. составляют судовые заказы. Производственная программа предусматривает сдачу второго (зак. 02741) и закладку четвертого танкера серии (зак. 02743) для ОАО «Совкомфлот», подписание приемных актов (ВМФ) на две первые ПЛ экспортной серии, передачу заказчику ПЛ «Санкт-Петербург», обслуживание ранее построенных заказов, завершение опытно-конструкторских работ по ПЛ пр. «Лада», изготовление лодок «Мастер», ЗИПа и др. Портфель заказов обеспечивает стабильную работу до 2006 г.

Важнейшими мероприятиями по реконструкции, модернизации и тех-

[1]По материалам конференции «Интеграция предприятий».

Несамоходные танкеры «Палойл-3» и «Палойл-4» построены ОАО «Волгоградский судостроительный завод» для компании «Палмали»

ническому перевооружению производства в минувшем году были:

✓ внедрение новой линии первичной обработки листового проката фирмы «Реслер», что позволило использовать широкоформатные листы и новые грунты, увеличивающие стойкость антикоррозионного покрытия;

✓ модернизация трех газорежущих машин типа «Кристалл»;

✓ приобретение и внедрение нового сварочного оборудования, что обеспечило механизацию сварки корпусных конструкций на стапеле более чем на 80%;

✓ выполнение технологического проекта коренной реконструкции судостроительного производства и расчетного обоснования необходимых инвестиций. Это позволило приступить к первому этапу технического перевооружения корпусообрабатывающего производства, предусматривающего оснащение трех цехов механизированными линиями для резки профилей, сборки тавровых балок, сборки и сварки плоскостных секций и панелей.

Технический проект реконструкции предприятия разработан в 2003 г. немецкой фирмой IMG с участием адмиралтейцев и ФГУП ЦНИИТС (которое также выполнило обоснование соответствующих инвестиций). По расчетам, после завершения проекта в 2010 г. продолжительность постройки танкера дедвейтом 47 000 т сократится с 19 до 7—8 мес, а трудоемкость обработки 1 т металла — со 105 до 29 чел.·ч. В течение года «Адмиралтейские верфи» смогут строить два судна дедвейтом по 70 000 т и три — по 47 000 т.

* * *

9—12 марта 2004 г. по приглашению английского Международного института кораблестроения, науки и технологии в Лондоне побывала делегация ФГУП «Адмиралтейские верфи» и СПб ГМТУ. В рамках визита руководитель «Адмиралтейских верфей» сделал доклад об истории и современном состоянии предприятия. Обсуждены перспективы сотрудничества российских и английских судостроителей в области морской техники, науки и технологии, а также в сфере распространения инженерных и научных знаний. Для реализации достигнутых договоренностей заключено соглашение о сотрудничестве между Институтом кораблестроения, науки и технологии и НТО судостроителей им. академика А. Н. Крылова.

ФГУП ПО «СЕВМАШ»

Один из приоритетных заказов «Севмаша» — строительство морской ледостойкой стационарной платформы (МЛСП) «Приразломная» . Кессон (основание) платформы состоит из четырех суперблоков. Первый из них выведен из цеха № 50 в конце февраля; его габариты 126 х 26 х 24 м, масса 12 000 т. Последний заложен на стапеле 12 марта.

Летом суперблоки будут стыковаться на плаву с использованием технологии подводной сварки. Параллельно осуществляются работы по ремонту и модернизации верхнего строения платформы «Хаттон», которое будет установлено на кессон. График работ напряженный: «Приразломная» должна быть установлена на штатное место к концу 2005 г., а в начале 2006 г. начать добычу нефти.

Интенсивные работы развернуты (в сотрудничестве с ОАО «Невское ПКБ») по ремонту и переоборудованию тяжелого авианесущего крейсера «Адмирал Горшков» для индийских ВМС. Работы рассчитаны на пять лет. Кроме ремонта и переоборудования корабля предусмотрено (по отдельным контрактам) обучение индийских специалистов, проектирование объектов берегового базирования, материально-техническое обеспечение. Запланировано также техническое обслуживание обновленного авианосца в течение 25 лет.

Важнейшим направлением для «Севмаша», задачей № 1, был и остается государственный оборонный заказ. В ходе модернизации ядерной составляющей ВМФ по планам Минобороны к 2010 г. флот должен получить три АПЛ стратегического назначения нового поколения. В 2004 г. «Севмаш» продолжает постройку и ремонт заказов; значительные средства пойдут на закупку оборудования для АПЛ «Юрий Долгорукий» и «Северодвинск», продолжатся испытания АПЛ «Дмитрий Донской», предусмотрены средства на достройку АПЛ «Белгород». 19 марта заложен атомный подводный крейсер «Александр Невский». Выступая на торжественной церемонии по этому поводу, С. Н. Ковалев, генеральный конструктор ЦКБ МТ «Рубин», сказал, что на «Севмаше» построена практически вся морская стратегическая ядерная составляющая Вооруженных сил страны; благодаря этому не состоялась третья мировая война.

В ОАО «Астраханский корабел» построены две баржи-площадки грузоподъемностью 3600 т (пр. 03060 — ОАО КБ «Вымпел») для «Казмортрансфлота» (Казахстан)

ОАО «АСТРАХАНСКИЙ КОРАБЕЛ»

В настоящее время ОАО «Астраханский корабел» выполняет следующие проекты:

- изготовление металлоконструкций механического оснащения для морских железобетонных опорных оснований гравитационного типа для проекта «Сахалин-2» совместно с компаниями RROffshore Oy (Финляндия)/Aker Kvaerner (Норвегия);
- строительство флота обеспечения для освоения Кашаганского месторождения в казахстанском секторе Каспия совместно с компанией Caspian Offshore Contractor (Казахстан);
- модернизацию плавучего крана «Волгарь» грузоподъемностью 1400 т на класс II СП РМРС;
- модернизацию морской баржи «Севан» грузоподъемностью 2000 т для перевозки блоков;
- строительство морских барж-площадок грузоподъемностью 3600 т.

В декабре 2003 г. предприятие приступило к постройке двух морских несамоходных сухогрузных барж-площадок грузоподъемностью 3600 т для Национальной морской судоходной компании «Казмортрансфлот» (Алматы, Казахстан), которые предназначены для перевозки щебня, камня для искусственных островов в Каспийском море.

Проект судна № 03060 разработало ОАО КБ «Вымпел» (Нижний Новгород). Баржа имеет плоскогранные обводы корпуса, бак и грузовой бункер со съемными ограждениями. Главные размерения: длина между трацами 102,3 м, по КВЛ — 100 м, расчетная ширина 16,5 м, высота борта на миделе 4,2 м, осадка по летнюю грузовую марку 3 м (по КВЛ — 2,8 м).

Баржи строились секционно-блочным методом. Сначала в цехе изготовили плоскостные секции днища, бортов, переборок и палубы, затем тоже в цехе сформировали 11 объемных блоков размерами до 9,92 х 16,5 х х 4,2 м и массой до 90 т. Сборка носовой и кормовой оконечностей осуществлялась «вверх килем». Готовые блоки с помощью трейлера грузоподъемностью 100 т переместили на открытый стапель для формирования корпуса. Затем баржи на судопоезде перевели в плавучий док грузоподъемностью 5400 т и спустили на воду. Спуск первой баржи-площадки состоялся 9 апреля, а второй — 30 апреля 2004 г.

В подборке использованы информационные материалы, предоставленные редакции предприятиями и организациями, а также материалы газет «Адмиралтеец» и «Корабел», специализированной конференции «Интеграция предприятий» и Интернета.

К ВОПРОСУ О РАСЧЕТНОМ ОПРЕДЕЛЕНИИ ВОДОИЗМЕЩЕНИЯ ПОДВОДНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СУДОВ НА РАННИХ СТАДИЯХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

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

УДК 629.5.03.001.24:623.827

Разработка проектов подводных транспортных судов (ПТС) по заданным исходным данным может быть выполнена в любом ЦКБ, занимающимся проектированием подводных лодок (ПЛ), с использованием имеющихся в его распоряжении нормативов. При исследовательском проектировании и обосновании дедвейта, вместимости, скорости хода и других данных необходимо рассмотреть целый ряд ПТС с систематически меняющимися элементами. А для этого требуются нормативные материалы и зависимости, позволяющие с необходимой точностью учесть задаваемое приращение исходных параметров для разработки проектного ряда ПТС.

Анализ известных материалов для определения водоизмещения ПТС показал их ограниченность подводными танкерами, скрытую физику явления, что не позволяет достоверно решать проблему в широком спектре типов ПТС.

В статье приведены аналитические зависимости, разработанные автором, для расчетного определения водоизмещения ПТС основных типов путем прямого учета его составляющих. Формулы выведены, исходя из физики явления, а соответствующие коэффициенты — по выполненным исследованиям и проработкам или путем анализа статистических материалов.

Проектирование транспортных ПЛ с дизель-электрическими установками в предвоенный период и во время второй мировой войны, а также проработки ПТС с атомными энергетическими установками велись с использованием определений, принятых в проектировании боевых ПЛ. Представляется целесообразным на данной стадии развития процесса проектирования ПТС сохранить эту преемственность, в частности, при классификации основных видов водоизмещений и объемов, учитывая, что в ее основу заложены физические принципы.

В соответствии с существующей практикой в подводном кораблестроении за типовое принимается водоизмещение, именуемое нормальным $D_н$. Оно должно быть равно постоянному плавучему объему (ППО), умноженному на расчетную плотность воды. ППО $V_{ппо}$ состоит из объема прочного корпуса, объемов наружных прочных цистерн, прочной рубки и других прочных выступающих частей, водонепроницаемого объема конструкций, устройств и систем, расположенных вне прочного корпуса, а у танкеров — еще объема легких топливных танков.

При расчете статики судна в подводном положении, а также при погружении и всплытии применяется второй вид водоизмещения — подводное $D_п$, равное нормальному плюс масса воды, принимаемой в цистерны главного балласта $\rho V_{цгб}$. Характеристикой объема, ограниченного наружной поверхностью ПТС, служит полный подводный объем. Эта величина используется в расчетах ходкости и управляемости.

Как показали проработки подводных судов, их водоизмещение ПТС определяется не массовой нагрузкой, а суммой объемов всех отсеков и других водонепроницаемых частей, так как сумма масс, составляющих массовую нагрузку без твердого балласта, значительно меньше объемного нормального водоизмещения.

В соответствии с этим связь между основными видами водоизмещения и объемами запишется

$$D_п = D_н + \rho V_{цгб}\,; \quad D_н = \rho(V_{ппо} + V_{тб})\,, \qquad (1)$$

где ρ — плотность воды; $V_{тб}$ — объем твердого балласта.

В соответствии с определением

$$V_{ппо} = (1 + k_1)V_{нк} + k_2 V_{цгб} + k_3 V_{прч} + V_{ус}\,, \quad (2)$$

где $V_{нк}$, $V_{прч}$, $V_{ус}$ — соответственно объемы по теоретическим линиям всех водонепроницаемых корпусов, проницаемых частей, а также судовых устройств и систем, расположенных вне водонепроницаемого корпуса; k_1, k_2 и k_3 — коэффициенты, учитывающие объем обшивки и набора водонепроницаемых корпусов, цистерн главного балласта и проницаемых частей соответственно.

Объем водонепроницаемого корпуса равен сумме объемов жилых и служебных помещений $V_ж$, отсеков энергетической установки $V_{эу}$, грузовых (нетто) отсеков $V_{гр}$ и цистерн вспомогательного балласта $V_{цвб}$:

$$V_{нк} = V_ж + V_{эу} + V_{гр} + V_{цвб}\,.$$

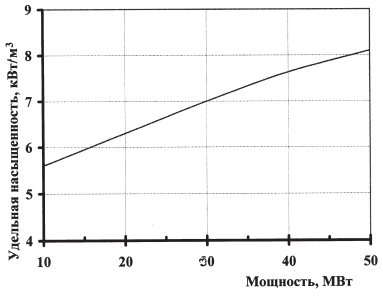


Рис. 1. **Зависимость насыщенности турбинного отсека от мощности ЭУ**

Данные по проектам подводных судов и проработкам отдельных вопросов, связанным с их проектированием, позволяют дать предварительные рекомендации по определению величин составляющих объемного водоизмещения на начальной стадии разработки проекта, т. е. до прорисовки общего расположения и разработки теоретического чертежа.

Объем турбинной установки зависит от ее мощности и может быть определен по графику (рис. 1), построенному на основе данных отечественных и зарубежных проектов, а также по проработкам и проектам надводных судов [1—9], поскольку нет принципиальных различий в размерах реакторных установок подводных и надводных судов.

Объем реакторного отсека для водо-водяного реактора блочного типа под давлением может быть определен по графику (рис. 2), построенному по материалам [1—9].

Мощность установки, как параметр для определения объема энергетических отсеков, с достаточной точностью может быть определена по формуле адмиралтейских коэффициентов, причем по расчетам ходкости ПТС с систематически изменяющимися элементами адмиралтейский коэффициент равен 350, если мощность измеряется в лошадиных силах.

Анализ данных по объемам жилых и служебных помещений по проработкам ПТС показал, что объем, приходящийся на одного члена экипажа, составляет ~ 50 м^3/чел. Таким образом, $V_ж = 50n$, где n — число членов экипажа.

Объем грузовых помещений $V_{гр}$ на ПТС для генеральных грузов определяется по формуле $V_{гр} = \mu P_{гр}$, где μ — удельная погрузочная кубатура груза, м^3/т (рекомендуется принимать μ = 2,0...2,5 м^3/т); $P_{гр}$ — грузоподъемность судна, т.

Объем грузовых помещений на ПТС для унифицированных грузовых единиц (контейнеровозов и лихтеровозов) $V_{гр} = kmV_{уе}$, где $V_{уе}$ — объем одной унифицированной грузовой единицы; m — лихтеро- или контейнеровместимость; k — отношение объемов грузовых трюмов к суммарному объему унифицированных грузовых единиц. Рекомендуемые значения $V_{уе}$ для контейнеров и лихтеров представлены в действующей нормативно-технической документации по результатам исследований ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова, если их размеры не определены в техническом задании на проектирование.

Объем грузовых помещений на подводных танкерах состоит из объема легких и прочных танков.

Объем (нетто) легких танков $V_{лт}$ должен быть таким, чтобы масса воды, принимаемая в балластном пробеге, была равна грузоподъемности танкера: $\rho V_{лт} = P_{гр}$, отсюда $V_{лт} = P_{гр}/\rho$.

Объем (нетто) прочных танков $V_{пт}$ должен составлять разность между грузовместимостью и объемом легких танков:

$$V_{пт} = \frac{P_{гр}}{\rho_{гр}}\left(1 - \frac{\rho_{гр}}{\rho}\right),$$

где $\rho_{гр}$ — плотность груза.

Объем насосного отделения на подводном танкере в среднем равен примерно 1,5% объема грузовых танков.

Объем цистерн главного балласта в проектных проработках составлял в среднем около 10% от нормального водоизмещения: $V_{цгб} = 0,1V_{ппо}$.

Объем цистерн вспомогательного балласта состоит из суммы объемов цистерн замещения солености, обжатия корпуса и дифферентных цистерн. Кроме того, на подводных танкерах с

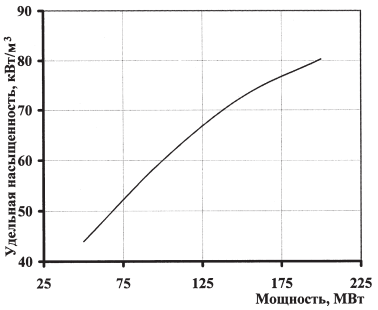


Рис. 2. **Зависимость насыщенности реакторного отсека от тепловой мощности реактора**

легкими грузовыми танками должна быть цистерна замещения температурного изменения объема груза.

Общий объем уравнительных цистерн: судов с прочными грузовыми отсеками $V_{ур.ц} = 0,029D_н/\rho$; танкеров с легкими танками $V_{ур.ц} = (0,029 + 0,0385\eta)(D_н/\rho)$, где η — коэффициент утилизации водоизмещения по грузоподъемности.

Объем дифферентных цистерн зависит от значения дифферентующего момента, возникающего в процессе эксплуатации ПТС, и расстояния между цистернами. Основными причинами появления дифферентующих моментов на подводных танкерах является расходование запасов и принятие или откачка балласта в уравнительных цистернах при несовпадении центра тяжести цистерн с теоретическим значением. Как показал анализ данных по разработанным проектам подводных танкеров, вследствие малой доли расходуемых грузов в весовой нагрузке второе обстоятельство имеет решающее значение в определении объема дифферентных цистерн, который может быть оценен по статистике как $V_{дц} = 0,01D_н$.

Основной причиной появления дифферентующих моментов на сухогрузных ПТС может быть неточность укладки груза (помимо причин, свойственых танкерам).

Если исходить из практики эксплуатации надводных сухогрузных

Таблица 1

Измеритель массы прочного корпуса подводных транспортных судов, т/м^3

Расчетное давление, МПа	Предел текучести стали, МПа (металлический корпус)			Марка бетона (железобетонный корпус)	
	240	300	400	B40	B60
1,7	0,166	0,139	0,116	0,30	0,19
1,9	0,184	0,153	0,127	0,33	0,21
2,1	0,201	0,168	0,138	0,37	0,23

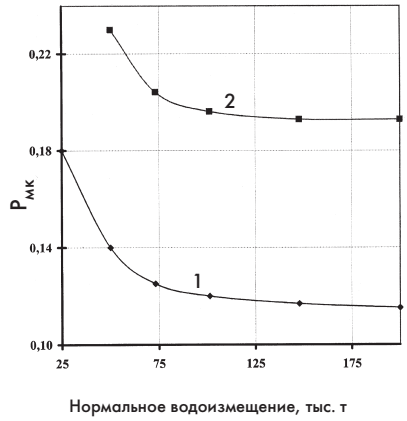


Рис. 3. **Зависимость измерителя массы металлического корпуса подводных судов $p_{мк}$ от нормального водоизмещения:**
1 — танкеры; *2* — сухогрузные суда

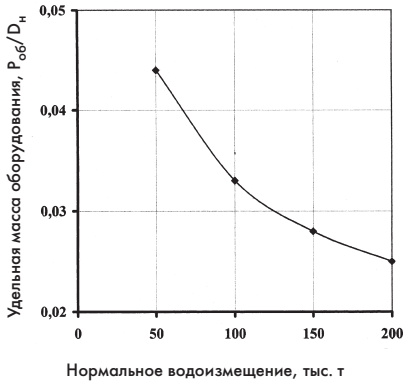


Рис. 4. **Зависимость измерителя массы оборудования от нормального водоизмещения подводного судна**

судов, то несовпадение теоретических и практических абсцисс центра тяжести груза равно $0{,}05L$ [10]. Учет остальных указанных выше причин неудифферентовки ПТС, позволяет предложить для подводных сухогрузных судов $V_{дц} = (0{,}05\eta + 0{,}01)D_н$. На судах для перевозки укрупненных унифицированных грузовых единиц эта величина может быть уменьшена до $V_{дц} = (0{,}03\eta + 0{,}01)D_н$.

Если три последних слагаемых в формуле (2) записать в зависимости от $V_{ппо}$, то она примет вид: $V_{ппо} = (1 + k_1)(1 + k_4)V_{нк}$, где k_4 — величина, учитывающая коэффициенты k_2 и k_3, а также $V_{ус}$. Применительно ко всем типам ПТС можно принять $k_4 = 0{,}02$ (по статистике).

С позиций задач проектирования определять массовое водоизмещение ПТС не требуется, так как оно всегда меньше объемного. Тем не менее такая необходимость существует и определяется она, прежде всего, потребностью расчета строительной стоимости и трудоемкости постройки, которая прямо зависит от массы отдельных элементов судна (особенно корпуса). Важной причиной расчета массового водоизмещения является также получение данных по параметрам, учитываемым при расчете статики и динамики ПТС.

При исследовательском проектировании и на стадии эскизного проекта водоизмещение порожнем может быть определено по основным группам

$$D_о = k_5 P_{мк} + P_{эу} + P_{об} + P_б ,$$

где $P_{мк}$, $P_{эу}$, $P_{об}$, $P_б$ — соответственно масса металлического корпуса, энергетической установки, оборудования и твердого балласта; $k_5 = 1{,}07$ — коэффициент, учитывающий детали оборудованного корпуса.

Масса металлического корпуса равняется сумме масс прочного $P_{пк}$ и легкого $P_{лк}$ корпусов: $P_{мк} = P_{пк} + P_{лк}$.

Масса прочного корпуса может быть определена расчетом по результатам проверки прочности на забортное давление. Систематические расчеты прочности на ЭВМ с оптимизацией размеров прочного корпуса с целевой функцией в виде массы корпуса позволили определить измеритель массы прочного корпуса $p_{пк} = P_{пк}/V_{пк}$, где $V_{пк}$ — объем прочного корпуса. Расчетные значения измерителя приведены в табл. 1.

Масса и измеритель легкого металлического корпуса определены по результатам многочисленных проработок. Масса может быть определена в функции от площади легкого корпуса и его отдельных элементов (поперечных переборок, платформ, диафрагм и т. д.), а также от толщины материала этих конструкций. Последняя выбиралась как минимально допустимая в соответствии с правилами Российского Морского Регистра Судоходства. В итоге были получены данные по измерителям массы легкого корпуса $p_{лк} = P_{лк}/D_п^{2/3}$, представленные в табл. 2.

Таблица 2

Измеритель массы легкого корпуса, т/м^3

Нормальное водоизмещение, т	Нефтеналивное судно	Сухогрузное судно
20 000	2,0	1,1
40 000	2,3	1,3
80 000	2,5	1,4
120 000	2,7	1,6
200 000	3,3	—

Кажущееся несоответствие роста массы легкого корпуса и водоизмещения $D_п$ (по другим измерителям имеет место обратное соотношение) объясняется тем, что с ростом водоизмещения минимально допустимая толщина обшивки увеличивается в более высокой пропорции.

В первом приближении масса металлического корпуса в целом может быть рассчитана по зависимости $P_{мк} = p_{мк}D_н$. Значения $p_{мк}$ по ряду зарубежных и отечественных проектов аппроксимируются кривой на рис. 3. Материалы по оборудованию собраны из литературных источников. Из-за отсутствия достаточного количества проработок и публикаций по типам ПТС предлагается на нынешнем уровне знаний одна зависимость для всех типов ПТС, предполагая, что ею будут пользо-

Таблица 3

Нагрузка масс порожнем подводного контейнеровоза

Статья нагрузки	Нагрузка, т	
	Стальной корпус	Железобетонный корпус
Корпус	20 500	41 400
Судовые устройства	560	560
Оборудование помещений, окраска, изоляция, дельные вещи	1040	940
Машинная установка	3900	3900
Судовые системы	1100	1100
Электрооборудование	370	370
Твердый балласт	61 730	40 930
Груз с лихтерами	15 800	15 800

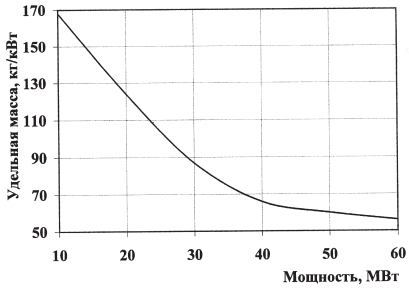


Рис. 5. **Зависимость удельной массы турбинного отсека от мощности ЭУ**

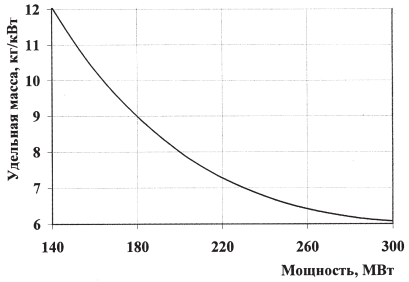


Рис. 6. **Зависимость удельной массы реакторного отсека от тепловой мощности реактора**

ваться только на стадии концептуального и эскизного проектирования. Эта кривая представлена на рис. 4, показывающем зависимость измерителя $p_{об}$ в функции от нормального водоизмещения. Нанесенные на графике значения учитывают и массу постоянных жидких грузов, составляющую около 8% массы оборудования.

Массу механизмов на стадии исследовательского проектирования целесообразно разделять на массу паропроизводительной установки и массу турбинной установки, включая механизмы электроэнергетической установки и вспомогательных механизмов, обслуживающих главные механизмы.

Измерители массы паропроизводительной и паротурбинной установок $p_{ппу}$ и $p_{пту}$, включая валопровод и винт, в функциях от мощности установки N_e на валах: $P_{ппу} = p_{ппу}N_e$; $P_{пту} = p_{пту}N_e$ приведены на графиках (рис. 5 и 6), также построенных на базе указанных выше материалов. Они относятся к водо-водяному реактору под давлением и прямой передаче мощности от турбины на валы.

Масса твердого балласта определяется как разность между водоизмещением и «живой» массой судна, суммированной с дедвейтом

$$P_{тб} = \rho V_{ппо} - \sum P_i , \qquad (3)$$

где $\sum P_i$ — масса ПТС без твердого балласта.

Определенная таким образом масса твердого балласта является его фактической массой при условии размещения всего твердого балласта в прочном корпусе. Она должна входить в массовую нагрузку. Если весь балласт или его часть размещается в проницаемых частях, то фактическая масса твердого балласта, укладываемая на судне, будет больше той, которая определяется по приведенному выражению

$$P_{тб1} = \frac{P_{тб}}{1 - k\dfrac{\rho_в}{\rho_{тб}}},$$

где $P_{тб}$ — расчетное количество твердого балласта, определяемое по формуле (3); k — доля балласта, размещаемого в проницаемых частях; $\rho_{тб}$ — плотность твердого балласта.

Приведенные материалы позволяют рассчитать объемное и весовое водоизмещения ПТС на стадии концептуального и исследовательского проектирования без выполнения прорисовок общего расположения.

На основе предложенных зависимостей выполнена проектная проработка подводного контейнеровоза. Массовая нагрузка контейнеровоза порожнем приведена в табл. 3. Схема общего расположения показана на рис. 7.

Основные характеристики подводного контейнеровоза

Грузовместимость по контейнерам, ед.	1120
Длина, м	233,0
Ширина, м	47,0
Высота корпуса, м	15,8
Водоизмещение, т:	
нормальное	105 000
подводное	115 000
Мощность установки, кВт	30 000
Скорость хода в подводном положении, уз	20

Было рассмотрено применение двух материалов для корпуса грузовых помещений — сталь и железобетон. Последний позволяет значительно снизить массу твердого балласта, необходимую для уравнивания плавучести и массы судна. Кроме того, стоимость железобетонного корпус значительно ниже стального.

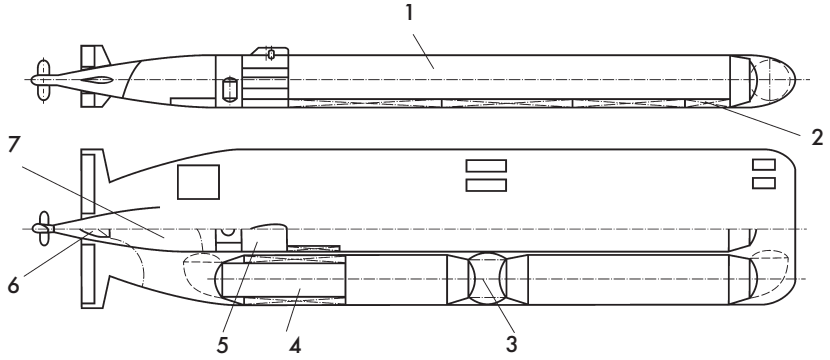


Рис. 7. **Схема общего расположения подводного контейнеровоза:**
1 — центральный грузовой отсек; *2* — носовая дифферентная цистерна; *3* — легкий отсек — доковая камера; *4* — бортовой отсек № 4 ПБ; *5* — жилой отсек; *6* — кормовая дифферентная цистерна; *7* — турбинный отсек

Литература

1. *Токмаков А. А.* Подводные транспортные суда. Л.: Судостроение, 1965.
2. Mitsubishi nuclear submarine tanker design at Jeneva//Shipbuilding and Shipping Record. 1958. Vol. 92. No. 9. VIII.
3. *Russo V. L., Turner H., Wood F. V.* Submarine tanker//TSNAME. 1960. Vol. 68.
4. Quarterly transaction of RINA. 1962. Vol. 104. No. 4.
5. *Heggstad K. M.* Underwasser-transport// Schiff und Hafen. 1964. Vol. 16. No. 7.
6. Проектные проработки подводных транспортных судов//Сб. статей по иностранному судостроению. 1965. Вып. 126.
7. Nuclear energy//Bulletin of Marine Engineering Society in Japan. 1988. Vol. 6. No. 2.
8. *Пашин В. М., Климашевский С. Н.* Концепция арктического подводного флота — основа выбора направлений использования технического потенциала отрасли в целях народного хозяйства//Арктический подводный мост — 2. Материалы научно-техн. конф. ГРЦ атомного судостроения, 1997.
9. *Кутейников А. В.* Пути решения технико-экономических проблем испльзования прогрессивных технологий военно-промышленного комплекса России в области подводного судостроения для создания морской транспортной системы//Дисс. на соиск. ученой степени доктора транспорта. СПб.: СПМБМ «Малахит», 1996.
10. *Базилевский С. А.* Теория ошибок, возникающих при проектировании судов. Л.: Судостроение, 1964.

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ВОДОМЕТНЫХ ДВИЖИТЕЛЕЙ И ВОЗМОЖНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

В. А. Родионов, канд. техн. наук (ФГУП ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова)

УДК 629.07.04.5.036

Водометные движители (ВД) широко используются на современных судах, катерах и кораблях. Основными преимуществами судов и кораблей с ВД по сравнению с аналогичными судами, оборудованными гребными винтами, являются: меньшие осадка и длина машинного отделения, защищенность движителя от повреждений, более низкие уровни вибрации и гидроакустического шума, улучшение маневренности, отсутствие перегрузки двигателя при изменении режима работы движителя из-за возрастания сопротивления, обусловленного внешними силами.

В настоящее время основным поставщиком ВД является фирма Kamewa, входящая в концерн Rolls-Royce. Водометными движителями этой фирмы оснащены скоростные пассажирские суда и автомобильно-пассажирские паромы, а также катера, корветы, фрегаты, сторожевые корабли и суда технического флота. Из числа последних разработок можно назвать ВД корветов типа «Visby» (скорость хода 35 уз) ВМС Швеции [1] и новых противоминных кораблей Норвегии [2]. В перспективных проектах катеров и кораблей также предполагается использовать ВД фирмы Kamewa. Их водоизмещение изменяется от 90 до 2400 т, мощность энергетической установки от 5000 до 114 000 кВт, скорость хода от 54 до 80 уз.

ВД намечалось применять и при проектировании быстроходных отечественных кораблей в 1970—1980-х гг. Однако эта тенденция не получила развития в связи с распадом СССР и последовавшим за этим экономическим кризисом в судостроительной промышленности. Тем не менее выполненные проектно-исследовательские проработки показывают, что отечественные ВД не уступают по эффективности современным зарубежным конструкциям. В качестве примера назовем разработки ВД малого (мощность 900 кВт) и полного (18 000 кВт) хода мореходного корабля на подводных крыльях. Успешно разработан рабочий проект мореходного корабля на воздушной подушке скегового типа (корабль должен был оснащаться двумя ВД мощностью по 30 МВт — по одному в каждом скеге, головной образец был построен в 80-е годы XX века).

Гидродинамические и пропульсивные характеристики ВД упомянутых, а также ряда других кораблей отрабатывались в глубоководном опытовом бассейне ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова, что позволило надежно прогнозировать ходкость кораблей. В процессе испытаний исследовались характеристики ходкости и взаимодействие ВД с корпусом корабля. Влияние кавитации на работу ВД определялось при испытаниях самоходных моделей в кавитационном бассейне. Этим испытаниям всегда предшествуют работы исследовательского характера: определение оптимальных параметров ВД, проектирование лопастной системы ВД и испытания ее модели на кавитационном гидродинамическом стенде, в ходе которых определяют так называемые насосные характеристики, представляющие зависимости коэффициентов напора K_H, крутящего момента K_2 и упора K_1 от коэффициента расхода K_Q при различных коэффициентах поджатия сопла β и числах кавитации $æ_S$. Судя по опубликованным материалам, ни одна из зарубежных фирм не проводит исследований в подобном объеме с целью прогнозирования ходовых качеств судов и кораблей с ВД.

ВД включает в себя следующие основные элементы: водозаборное устройство, лопастную систему (насос), сопло, реверсивно-рулевое устройство. Для обеспечения максимальной эффективности ВД необходимо, чтобы его основные элементы были гидродинамически согласованы, а их геометрия выбиралась с учетом не только скорости хода, но и типа корабля, а также массы ВД относительно водоизмещения. Для боевых кораблей необходимо обеспечить максимальную эффективность ВД как на экономическом, так и полном ходу.

В связи с изложенным рассмотрим более подробно влияние каждого из основных элементов ВД на его эффективность, надежность работы и массогабаритные характеристики. При проектировании ВД в первую очередь определяют оптимальное значение относительной скорости струи $\bar{V}_j = V_j/V_0$ (где V_0 — скорость хода) и создают лопастную систему, обеспечивающую эту скорость при достаточно высоком собственном КПД. По значению V_j при заданной мощности определяет параметры лопастной системы, т. е. полный напор, создаваемый насосом, и расход воды, по которым может быть рассчитана удельная быстроходность n_S, определяющая тип насоса

$$n_S = 3{,}65 n_0 \frac{Q^{1/2}}{H^{3/4}},$$

где n_0 — частота вращения рабочего колеса, 1/мин; H — напор, м вод. ст.; Q — расход, $м^3/с$.

Анализ параметров диагональных лопастных систем, принятых фирмой Kamewa при разработке типоразмерного ряда ВД на мощность 1000 кВт и выше, показывает, что их $n_S \approx 500$ [3]. При этом безразмерные геометрические характеристики лопастных систем ВД постоянны независимо от класса, скорости хода судов и мощности двигателей. По-видимому, в ряде случаев это не является оправданным и может привести к необоснованному завышению массогабаритных характеристик ВД или снижению его эффективности. Практический интерес представляет изменение значения пропульсивного коэффициента, а также относительной массы ВД, например, от скорости хода. Соответствующие расчеты были выполнены для ряда коммерческих судов [4], а

По материалам доклада на третьей международной конференции «Военно-морской флот и судостроение в современных условиях» (NSN'2003), состоявшейся в Санкт-Петербурге в июне 2003 г.

также современных [1] и перспективных кораблей [5], оснащенных ВД фирмы Kamewa:

I. Плашкоут, скорость хода в грузу 13—14 уз, оснащен двумя ВД модели 63SII, мощность N = 2 x 800 кВт.

II. Корвет типа «Visby». Полное водоизмещение D = 640 т, скорость хода V_0 = 35 уз; оснащен двумя ВД 125 SII фирмы Kamewa; N = 2 x 10 880 кВт.

III. Однокорпусный автомобильно-пассажирский паром MDV 3000 «Jupiter»; D = 3500 т; V_0 = 40 уз; 4 ВД Kamewa 160 SII; $\sum N$ = 68 000 кВт.

IV. Автомобильно-пассажирский катамаран Incat/AMD K55 «Juan Patricio»; D = 626 т; V_0 = 45 уз; 4 ВД Kamewa 80 SII; $\sum N$ = 21 680 кВт.

V. Автомобильно-пассажирский катамаран Incat/Afai K50 Afai 08; D = 742т; V_0 = 48 уз; 4 ВД Kamewa 80 SII; $\sum N$ = 22 000 кВт.

VI. Однокорпусный океанский гоночный катер «Destriero». Максимальное водоизмещение 1070 т, вместимость топливных цистерн 750 т. В 1992 г. во время безостановочного трансатлантического перехода развил среднюю скорость 53,3 уз. Оснащен тремя ВД Kamewa 125 SII. На катере установлены три газовые турбины GE LM1600 мощностью. 14 900 кВт каждая.

VII. Автомобильно-пассажирский катамаран Bazan B60 «Luciano Federico L»; D = 704 т; V_0 = 57 уз; 2 ВД Kamewa 140 SII; $\sum N$ = 32 200 кВт.

VIII. Перспективные корабли [3]; D = 1800/2400 т; V_0 = 60 уз; оснащены тремя и четырьмя (соответственно) ВД Kamewa 200 SII; мощность, подводимая к одному ВД, равна 25 000 кВт.

IX. Корабль водоизмещением 800—950 т; V_0 = 68 уз; оснащенный 2 ВД Kamewa 200 SII; N = 2 x 25 000 кВт [3].

Скорости всех рассмотренных вариантов коммерческих судов, за исключением катера «Destriero», соответствуют переходному режиму, т. е. их относительная скорость, или число Фруда по водоизмещению Fr_D<3, где $Fr_D = V_0/\sqrt{q\sqrt{D}}$. Расчеты показывают, что в этом случае на величину пропульсивного коэффициента существенное влияние оказывает коэффициент попутного потока трения W. Для вариантов судов III, IV, V и VII значение W составляет от 0,10 до 0,19. Результаты расчетов пропульсивного коэффициента $\eta_D = (T_e V_0)/N$, (где T_e — расчетные величины эффективной тяги) и относительной массы ВД D_{WJ} (отношение массы ВД к соответствующему водоизмещению судна) показаны на рис. 1. Римскими цифрами со значком ▲ обозначены суда и корабли в соответствии с приведенным списком.

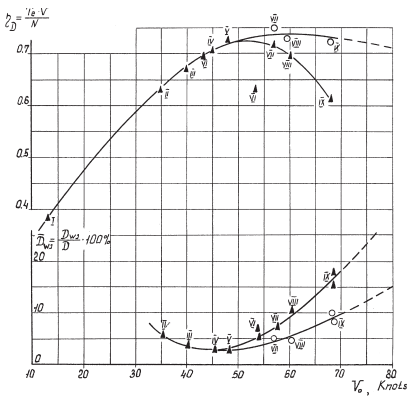


Рис. 1. **Зависимости пропульсивного коэффициента η_D и относительной массы D_{WJ} водометного движителя от скорости хода V_0**

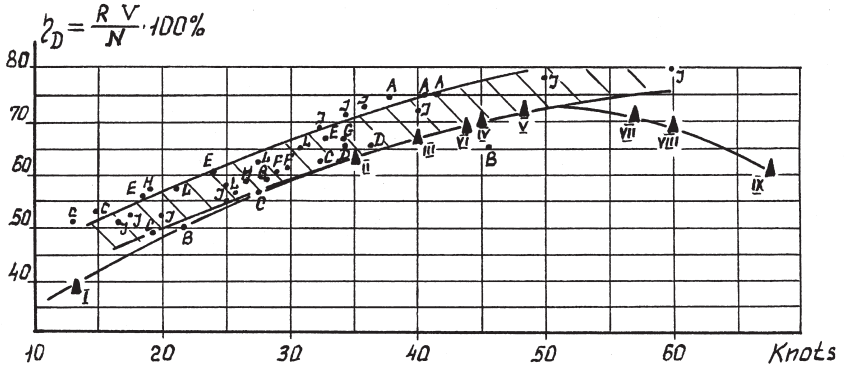


Рис. 2. **Из [6] и [7]. Typical efficiency results for Kamewa water-jet propulsion systems. ▲ — расчетные значения пропульсивного коэффициента см. на рис. 1**

Из рис. 1 видно, что для этого класса коммерческих судов максимальный пропульсивный коэффициент и минимальная относительная масса ВД соответствуют скорости хода 45—50 уз: η_D = 0,7...0,73; D_{WJ} = 2,5...3%.

Полученные в результате расчетов значения пропульсивного коэффициента нанесены на рис. 2, откуда видно, что варианты II—V соответствуют в диапазоне скорости хода 35—50 уз нижней границе заштрихованной области. Достижение верхней границы заштрихованной области изменения пропульсивного коэффициента (см. рис. 2) представляется в реальности маловероятным. Наличие самой области связано, по-видимому, с завышением величины буксировочного сопротивления натурного судна, определяемого по результатам модельных испытаний.

В связи с этим необходимо обратить внимание на следующее:

1. Приведенная зависимость пропульсивного коэффициента η_D от скорости хода, рассчитанная по величине сопротивления движению судна R (см. обозначения оси ординат на рис. 2), дает излишне оптимистичную оценку эффективности ВД. По мнению сотрудников института, специализирующихся в области ходкости, это связано с тем, что сопротивление движению быстроходного судна, имеющего относительную скорость Fr_D>1, определяется с большей погрешностью в безопасную сторону по сравнению с аналогичной величиной для водоизмещающих судов, что приводит при таком методе расчета пропульсивного коэффициента к завышению эффективности движителя.

2. Наиболее реальные результаты дают расчеты пропульсивного коэффициента η_D по величине эффективной тяги T_e, развиваемой ВД, с учетом его взаимодействия с корпусом судна (обозначения — ▲ на рис. 1 и 2). Ориентирование при проектных проработках на верхнюю границу заштрихованной области пропульсивного коэффициента (см. рис. 2) может привести к заниженному значению требуемой мощности силовой установки.

Пропульсивный коэффициент глиссирующего катера «Destriero» при средних значениях водоизмещения (≈ 700 т) и скорости хода 53 уз (Fr_D = 3) составляет приблизительно 0,63. Расчеты показали, что при максимальном водоизмещении 1070 т и скорости хода 43—45 уз, соответствующих переходному режиму (Fr_D ≈ 2,2), пропульсивный коэффициент равен ≈ 0,69, т. е. хорошо согласуется с вариантами III и IV. Очевидно, что параметры ВД этого катера рассчитывались из условия достижения максимальной эффективности в режиме хода при максимальном водоизмещении, что одновременно привело к увеличению относительной массы ВД (см. рис. 1). При максимальной скорости хода

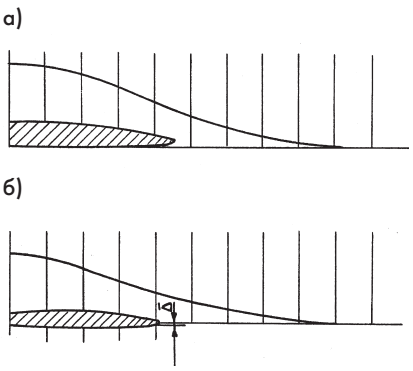


Рис. 3. **Водозаборники: *а* — статический; *б* — частично напорный**

около 63 уз, достигнутой при испытаниях [5], пропульсивный коэффициент, как показывают расчеты, составил ≈ 0,57.

С ростом скорости коммерческих судов, из числа рассмотренных, до 57 уз (вар. VII), пропульсивный коэффициент не увеличивается в отличие от заштрихованной области, а снижается по отношению к ее нижней границе. При этом относительная масса ВД растет.

Снижение пропульсивного коэффициента и увеличение относительной массы D_{WJ} движительного комплекса связано с тем, что стандартизированной лопастной системой, применяемой фирмой Kamewa для всего типоразмерного ряда, не может быть обеспечено оптимальное значение вызванной скорости в струе ВД при скорости хода существенно выше 50 уз. Это обусловлено низким для данной скорости хода напором *H*, создаваемым лопастной системой. Поэтому использование требуемой мощности для достижения заданной скорости хода приводит к необходимости увеличения расхода воды через ВД, а следовательно, при тех же кавитационных качествах лопастной системы, к увеличению габаритов и массы ВД.

В ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова разработана и исследована диагональная лопастная система также с $n_S \approx 500$, обеспечивающая оптимальные параметры ВД высокоскоростных судов переходного режима, у которых на кривой сопротивления отсутствует резко выраженный «горб» на промежуточном режиме движения. Расчеты ВД, выполненные с использованием экспериментальных насосных характеристик этой системы, показывают, что ее применение позволяет повысить на 6% пропульсивный коэффициент, уменьшить размеры и снизить массу ВД приблизительно на 30%.

Расчеты выполнялись для скорости хода 57 уз и мощности 16 100 кВт на один ВД (судно вар. VII).

Использование на перспективных, более скоростных, по сравнению с вар. VII, кораблях ВД стандартизованного ряда фирмы Kamewa приведет к дальнейшему снижению пропульсивного коэффициента и увеличению относительной массы движительного комплекса — варианты VIII и IX (см. рис. 1 и 2). Расчеты показывают, что оптимальные параметры ВД этих кораблей могут быть обеспечены за счет перехода, например, к осеидиагональным лопастным системам с коэффициентом быстроходности $n_S \approx 350...400$ (см. рис. 1, обозначения О — вариантов VIII и IX).

Все расчеты, результаты которых приведены в статье, выполнялись с использованием систематических экспериментальных данных по гидродинамическим и кавитационным характеристикам лопастных систем, сопел, водозаборных устройств и коэффициентов взаимодействия ВД с корпусом судна, полученных в ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова.

Следующим наиболее важным и технологически сложным элементом ВД является водозаборное устройство. В зарубежной практике на скоростных судах, за исключением судов на подводных крыльях, применяется в основном статический тип водозаборных устройств, у которых плоскость водоприемного отверстия совпадает с плоскостью днища. Исследования, которые проводились в ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова при разработке ВД быстроходных отечественных глиссирующих катеров и скеговых судов на воздушной подушке, показали, что статический тип водозаборника не всегда достаточно надежно обеспечивает работу ВД. Так, при ходе на волнении в некоторых случаях происходит прорыв воздуха к лопастной системе. Существенно снижает опасность возникновения этого явления так называемый частично напорный тип водозаборного устройства, у которого носовая часть кромки водоприемного отверстия находится в плоскости днища, а кормовая располагается ниже ее, что позволяет использовать часть скоростного напора, повышающего давление в водозаборном устройстве (рис. 3).

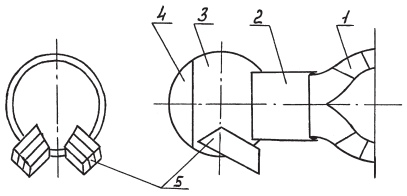


Рис. 4. **РРУ с поворотным соплом и реверсной сферической камерой:**
1 — спрямляющий аппарат; *2* — поворотное сопло; *3* — реверсная камера; *4* — сферические заслонки (закрытое положение); *5* — сопла обратной тяги

За реактивным соплом ВД располагаются рулевое и реверсивное устройства, которые объединяются в одной конструкции — реверсивно-рулевом устройстве (РРУ). Масса управляемого ВД фирмы Kamewa типа 160SII на максимальную мощность 20 000 кВт больше массы аналогичного тягового приблизительно на 70%. Поэтому основным требованием, предъявляемым к РРУ, является обеспечение достаточной величины обратной тяги при минимальных массогабаритных характеристиках конструкции.

В ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова совместно с НПО «Винт» разработан и исследован на моделях новый тип РРУ, который обеспечивает уменьшение размеров, по сравнению с конструкцией, упомянутой выше. РРУ представляет собой поворотное сопло, заканчивающееся усеченной сферой, в нижней части которой расположены два прямоугольных боковых сопла с решетками, направляющими поток под углом 30° к основной плоскости и 45° к диаметральной плоскости судна, и круговое отверстие, соосное соплу ВД. На режимах реверса отверстие перекрывается сферическими заслонками, струя из образующейся сферической камеры направляется в боковые сопла, создавая обратную тягу (рис. 4).

Выводы. 1. Пропульсивный коэффициент быстроходных судов, оснащенных современными ВД, достигает величины порядка 0,73 в диапазоне скорости хода 50—55 уз.

2. Минимальная относительная масса современных ВД составляет ≈ 2,5—3% и обеспечивается в диа-

пазоне скорости хода 45—50 уз при пропульсивном коэффициенте 0,7—0,73.

3. Применение стандартизованного к настоящему времени типоразмерного ряда современных ВД для более быстроходных (свыше 55 уз) перспективных судов и кораблей приведет к снижению достигнутого значения пропульсивного коэффициента и существенному росту относительной массы ВД.

4. Для обеспечения высокой эффективности ВД как по пропульсивному коэффициенту, так и по его относительной массе в диапазоне скоростей хода 55—80 уз требуется разработка новых лопастных систем с коэффициентом быстроходности $n_S < 500$ и водозаборных устройств, улучшающих взаимодействие ВД с корпусом судна.

5. Материалы исследований, выполненных в ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова по новым лопастным системам, водозаборникам и РРУ, позволяют при относительно небольших дополнительных затратах приступить совместно с судостроительными и машиностроительными заводами к производству ВД для оснащения ими современных и перспективных катеров и кораблей российского флота.

Литература

1. *Прокофьев С.* Корветы типа «Висбю»//Зарубежное военное обозрение. 2001. № 2.
2. *Прокофьев С.* Новые противоминные корабли Норвегии//Зарубежное военное обозрение. 2001. № 4.
3. *Родионов В. А., Лебедев Э. П.* Влияние удельной быстроходности n_S насоса на пропульсивные и весовые характеристики водометного движителя//Труды ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова. 2002. Вып. 14.
4. *Аносов В. Н.* Быстроходные суда в конце XX столетия. СПб.: Политехника, 2002.
5. *Эрбил Сертер.* Проекты кораблей XXI века (ежеквартальный доклад)//Jane's IDR. 1997. № 4.
6. Water-Jet Units/Sweden//Jane's Thirty-first Edition, 1998—99.
7. Kamewa seminar in St. Petersburg. March 1992. Part 4. Water Jet Systems.

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗМЕРОВ ЭЛЕМЕНТАРНОЙ ПЛОЩАДКИ ДЛЯ ПОИСКА ТОПОЛОГИЧЕСКИ СЛАБЫХ МЕСТ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ КОРАБЛЯ

С. П. Полищук (208 ВП)

УДК 591.1-74:629.5

Сравнительно недавно в судостроении появился новый термин — топологически слабое место. Он характеризует тот или иной недостаток компоновки элементов корабельных систем.

В статье А. В. Ярошенко[1] описан метод автоматического поиска топологически слабых мест. Однако применять его, не решив задачи по определению размеров соответствующей элементарной площадки $\Delta\tilde{S}_i$, — не эффективно, так как в этом случае многие ошибки, допущенные при проектировании, этот метод не выявит. Для решения поставленной задачи необходимо обосновать и сформулировать определение коэффициента контрастности при раскраске площадей палуб, разработать теоретические основы оптимизации этого коэффициента и метод поиска его оптимального значения.

Суть метода заключается в том, что необходимо так выбрать размеры $\Delta\tilde{S}_i$, чтобы наиболее контрастно для визуального восприятия отобразить результаты сканирования палубы. Иными словами, чем контрастнее отображены результаты сканирования палубы, тем больше информации у конструктора о качестве компоновки элементов корабельных систем и, следовательно, тем полнее он может выполнить коррекцию компоновки.

С этой целью введём понятие о коэффициенте контрастности K. Для каждого $\Delta\tilde{S}_i$ определяется свой частный (i-й) коэффициент контрастности k_i по следующему алгоритму:

1. «Запоминается» цвет $\Delta\tilde{S}_i$.

2. Цвет $\Delta\tilde{S}_i$ сравнивается с восемью соседними (окружающими его) $\Delta\tilde{S}_i$ (рис.1). Если цвет не совпадает, то «запоминается» 1 очко (будем его называть очком контрастности), если совпадает — «не запоминается».

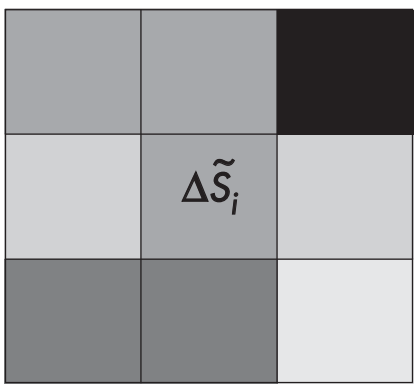


Рис. 1. **Определение локального коэффициента контрастности**

3. Подсчитывается количество «запомненных» очков m и делится на 8. Таким образом находится частный коэффициент контрастности, изменяющейся в пределах $0 \le k_i \le 1$ одной i-й элементарной площади:

$$k_i = m/8 . \qquad (1)$$

Определение 1. Частным коэффициентом контрастности элементарной площадки называется отношение суммы очков контрастности всех смежных с центральной площадкой элементарных площадок к числу смежных площадок.

4. Определяется общий коэффициент контрастности как среднее арифметическое из k_i:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^{n} k_i}{n} , \qquad (2)$$

где n — общее количество $\Delta\tilde{S}_i$ по всем палубам всех отсеков.

Определение 2. Общим коэффициентом контрастности компоновки систем и механизмов корабля называется среднее арифметическое от всех его частных коэффициентов контрастности.

Для автоматического расчёта коэффициента контрастности K разработана соответствующая программа OPT.PAS.

За критерий оптимальности при определении размеров элементарной площадки примем максимум коэффициента контрастности. Математически это запишется следующим образом:

$$K \to K^{\max} \Rightarrow \Delta\tilde{S}_i \to \Delta\tilde{S}_i^{\text{опт}}. \qquad (3)$$

[1] Метод автоматического поиска топологически слабых мест в компоновке корабельных систем//Судостроение. 2003. № 5.

Теперь перейдем к методике определения оптимальной $\Delta\tilde{S}_i$.

1. Возьмём первоначальную очень маленькую $\Delta\tilde{S}_i^{min}$ и проведём сканирование всех палуб и отсеков корабля.

2. Определяем K.

3. Вычисляем новое увеличенное (на $\Delta\tilde{s}_i$) значение элементарной площади по следующей рекуррентной формуле:

$$\Delta\tilde{S}_i = \Delta\tilde{S}_i + \Delta\tilde{s}_i \qquad (4)$$

4. Определяем K'.

5. Если $K' \geq K$, (5)

то $K := K'$, возвращаемся к п. 3 алгоритма. Если неравенство (5) не выполняется, то вычисления заканчиваются. По их результатам строим график функции

$$K = f(\Delta\tilde{S}_i) . \qquad (6)$$

На графике чётко виден максимум функции (6) — K^{max}. Именно при максимальном коэффициенте контраста K^{max} определяется оптимальная площадь $\Delta\tilde{S}_i^{опт}$.

Математически это записывается следующим образом:

$$\exists [\lim_{\Delta\tilde{S}\to max} K(\Delta\tilde{S}) = \lim_{\Delta\tilde{S}\to 0} K(\Delta\tilde{S})] = \{K^{max}, \Delta\tilde{S}^{опт}\} . \quad (7)$$

Объясним физический смысл графика. При очень малом $\Delta\tilde{S}_i^{min}$ содержание вектора аварий R_1^0 невелико, поэтому после сканирования палубы в основном будет преобладать зелёный цвет, при этом коэффициент контрастности K, естественно, будет очень маленьким. При постепенном увеличении $\Delta\tilde{S}_i$ увеличивается и содержание R_1^0, а следовательно, будут всё чаще появляться желтые, фиолетовые, синие

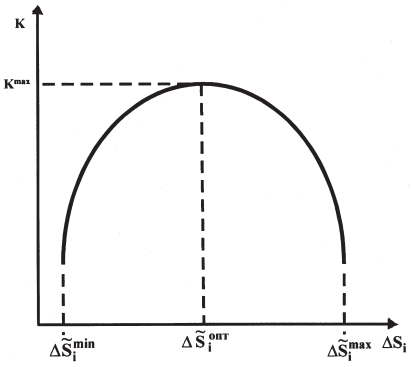


Рис. 2. **Теоретическая кривая общего коэффициента контрастности**

и красные цвета, т.е. коэффициент контрастности K будет расти, что и видно на графике (см. рис.2). Если $\Delta\tilde{S}_i$, постепенно увеличивая дальше, сделать очень большим ($\Delta\tilde{S}_i^{max}$), то содержание R_1^0 станет таким большим, что почти любую элементарную площадь $\Delta\tilde{S}_i$ придётся закрашивать в красный цвет, а следовательно, коэффициент контрастности K опять станет маленьким, что также видно из рис. 2.

Таким образом, где-то между $\Delta\tilde{S}_i^{min}$ и $\Delta\tilde{S}_i^{max}$ объективно должна лежать такая элементарная площадь $\Delta\tilde{S}_i^{опт}$, при которой коэффициент контрастности станет максимальным K^{max}. Примем такую элементарную площадь за оптимальную $\Delta S_i^{опт}$. Именно она и даёт конструктору максимум информации, нужной ему для коррекции топологии размещения элементов корабельных систем.

На основе разработанного метода и компьютерной программы OPT.PAS рассчитана кривая (6) коэффициента контрастности для дизельной подводной лодки.

На графике (рис. 3) видно три максимума. Точку $\Delta\tilde{S}_i^{опт}$ = 1,9 м^2

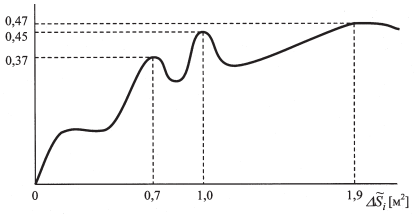


Рис. 3. **Кривая общего коэффициента контрастности для дизельной подводной лодки**

при K^{max} = 0,47 назовём глобальным максимумом, при $\Delta\tilde{S}_i^{опт}$ = 1,0 м^2 и $\Delta\tilde{S}_i^{опт}$ = 0,7 м^2 имеются локальные максимумы. Однако для сравнительно небольших размеров дизельной лодки площадь в 1,9 м^2 уже достаточно велика. На неё может быть разнесена компоновка основных и резервных механизмов или связей. Поэтому за оптимальную элементарную площадку $\Delta\tilde{S}_i^{опт}$ примем ближайший слева к глобальному максимуму — локальный максимум $\Delta\tilde{S}_i^{опт}$ = 1,0 м^2 и $K^{max'}$ = 0,45, тем более, что коэффициенты контрастности отличаются друг от друга на малую величину:

$$\Delta K = K^{max} - K^{max'} = 0,47 - 0,45 = 0,02 . \quad (8)$$

Таким образом, на основе практического применения разработанного метода можно дополнить его и сделать следующее заключение: не всегда принимается $\Delta\tilde{S}_i^{опт}$ при глобальном максимуме. При одновременном выполнении двух условий — значение $\Delta\tilde{S}_i^{опт}$ относительно исследуемого проекта корабля велико; ΔK (8) — мало (ориентировочно до 0,1) — рекомендуется в качестве оптимального значения $\Delta\tilde{S}_i^{опт}$ принимать ближайший слева к глобальному максимуму локальный максимум, если он есть.

НОВЫЕ ТАНКЕРЫ «СОВКОМФЛОТА»

В апреле 2004 г. транспортный флот российской судоходной компании ОАО «Совкомфлот», 100% акций которой находятся в федеральной собственности, состоял из 41 танкера, 13 сухогрузов и 2 пассажирских судов дедвейтом соответственно 3 754 000, 119 000 и 9 700 т. Средний возраст судов составляет 8,37 лет. В состав танкерного флота (средний возраст — 5,95 лет) входят новейшие суда класса «Суэцмакс» и «Афрамакс», а также танкеры-продуктовозы — все с двойными бортами и днищем.

В условиях жесткой конкуренции на мировом рынке транспортных услуг, не рассчитывая на поддержку государства, ОАО «Совкомфлот» в стратегическом плане стремится участвовать в крупномасштабных долгосрочных программах. Например, вывоз нефти Каспийского трубопроводного консорциума, с месторождений Сахалинского шельфа, из новых российских портов на Балтике.

В соответствии с программой обновления танкерного флота компания в последние годы разместит-

Программа обновления танкерного флота ОАО «Совкомфлот»

Название судна	Дедвейт, т	Верфь	Год постройки
Танкеры класса «Суэцмакс»			
«SCF Altai»	159 168	HHI	дек. 2001
«SCF Caucasus»	159 173	HHI	март 2002
«SCF Khibiny»	159 196	HHI	май 2002
«SCF Sayan»	159 185	HHI	авг. 2002
«SCF Ural»	159 314	HHI	нояб. 2002
«SCF Valdai»	159 304	HHI	фев. 2003
Корпус 1562	159 000	HHI	март 2005
Корпус 1563	159 000	HHI	апр. 2005
Корпус 1585	159 000	HHI	сент. 2005
Корпус 1586	159 000	HHI	нояб. 2005
Итого 10 судов	1 591 340		
Танкеры класса «Афрамакс»			
«Petrokrepost»	105 657	Daewoo	янв. 1999
«Petrodvorets»	105 657	Daewoo	апр. 1999
«Petropavlovsk»	106 532	Tsuneishi	сент. 2002
«Petrozavodsk»	106 449	Tsuneishi	авг. 2003
«Petrovsk»	106 000	Tsuneishi	янв. 2004
«Nevkiy Prospect»	115 000	Daewoo	авг. 2003
«Ligovsky Prospect»	115 000	Daewoo	окт. 2003
«Stena Contender»	115 000	Daewoo	дек. 2003
Корпус 1602	100 600	HHI	янв. 2006
Корпус 1603	100 600	HHI	фев. 2006
Итого 10 судов	1 076 530		
Танкеры-продуктовозы			
«Anichkov Bridge»	47 000	Hyundai Mipo	нояб. 2003
«Hermitage Bridge»	47 000	Hyundai Mipo	дек. 2003
«Narodny Bridge»	47 000	Hyundai Mipo	дек. 2003
«Okhta Bridge»	47 000	Hyundai Mipo	март 2004
«Troitsky Bridge»	47 400	Адм. верфи	нояб. 2003
«Tuchkov Bridge»	47 400	Адм. верфи	март 2004*
Корпус 02742	47 400	Адм. верфи	янв. 2005
Корпус 02743	47 400	Адм. верфи	нояб. 2005
Корпус 02744	47 400	Адм. верфи	июль 2006
Корпус 02745	47 400	Адм. верфи	дек. 2006
Итого 10 судов	472 400		
Всего 30 судов	3 140 270		

* Официальная передача заказчику состоялась 28 апреля 2004 г.

Танкер «SCF Altai»
Длина 274,48 м, ширина 48,04 м, высота борта 23,1 м, осадка 17,07, м, дедвейт 159 168 т, главный двигатель Hyundai B&W 6S70MC-C, макс. мощность 18 640 кВт при 91 об./мин (ном. — 16 770 кВт при 87,9 об./мин), экспл. скорость 15,2 уз, расход топлива 70 т/сут

Танкер «Petrokrepost»
Длина 248 м, ширина 43 м, высота борта 21 м, осадка 14,32 м, дедвейт 105 692 т, главный двигатель B&W 5S70MC, макс. мощность 13 984 кВт при 91 об./мин (ном. — 12 642 кВт при 87,9 об./мин), экспл. скорость 15 уз, расход топлива 52 т/сут

Танкер «Nevsky Prospect»
Длина 249,9 м, ширина 44 м, высота борта 21 м, осадка 14,8 м, дедвейт 115 000 т, главный двигатель MAN-B&W 5S70MC-C, макс. мощность 15 530 кВт при 91 об./мин (ном. — 13 970 кВт при 87,9 об./мин), экспл. скорость 15,1 уз

Танкер «Petropavlovsk»
Длина 240,5 м, ширина 42 м, высота борта 21,2 м, осадка 14,88 м, дедвейт 106 532 т, главный двигатель Mitsui MAN-B&W 6S60MC (Mark 6), макс. мощность 11 840 кВт при 104 об./мин (ном. — 10 660 кВт при 100 об./мин), экспл. скорость 14,2 уз, расход топлива 47,9 т/сут

Танкер «Troitsky Bridge»
Длина 182,5 м, ширина 32,2 м, высота борта 17,5 м, расчетная осадка 12,2 м, дедвейт 47 400 т, главный двигатель BMZ-B&W 6S50MC-C, макс. мощность 8 310 кВт при 123 об./мин (ном. — 7 480 кВт при 111 об./мин), экспл. скорость 14,3 уз, расход топлива 34,5 т/сут

ла заказы на постройку крупнотоннажных танкеров для перевозки сырой нефти и нефтепродуктов.

Южнокорейская верфь Hyundai Heavy Industries, Co., Ltd (HHI) в период с декабря 2001 г. по февраль 2003 г. поставила шесть танкеров дедвейтом 159168 т класса «Суэцмакс» (головное — «SCF Altai»); еще четыре таких же судна будет сдано в 2005 г. Постройка осуществляется по правилам классификационного общества American Bureau of Shipping (ABS) на класс + A1(E), Oil Carrier, + AMS, + ACCU, SH, UWLO.

Другая южнокорейская верфь, Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering Co., Ltd (DSME), передала в 1999 г. «Совкомфлоту» два танкера класса «Афрамакс» для транспортировки сырой нефти и нефтепродуктов — «Petrokrepost» (дедвейт 105657 т) и «Petrodvorets» (105692 т). Класс ABS: + 1A(E), Crude and Oil Product Carrier, ESP, + AMS, + ACCU, SH, RES, UWILD.

Серию из трех танкеров примерно такого же дедвейта построила в 2002—2004 гг. для «Совкомфлота» японская верфь Tsuneishi Shipbuilding Co., Ltd. Суда «Petropavlosk» (дедвейт 106 532 т), «Petrozavodsk» (106 449 т) и «Petrovsk» (106 000 т) имеют класс Det Norske Veritas(DNV): + 1A1 Tanker for Oil, ESP, LCS, Nauticus (newbuilding) EO.

Три танкера дедвейтом по 115 000 т с ледовыми усилениями корпуса (1C/1B) — «Nevskiy Prospekt», «Ligovsky Prospect» и «Stena Contender» — построила в 2003 г. верфь DSME. Их класс ABS: + 1A(E), Oil Carrier, ESP, SH, + AMS, + ACCU, UWILD, 1C/1B.

Еще два танкера ледового класса (1A) дедвейтом по 100 600 т будут переданы «Совкомфлоту» в начале 2006 г. верфью HHI.

С ноября 2003 г. по март 2004 г. компания получила от южнокорейской верфи Hyundai Mipo Dockyard Co.,Ltd четыре танкера-продуктовоза/химовоза дедвейтом по 47 000 т с ледовыми усилениями корпуса (1A). Класс DNV: + 1A1, Tanker for Oil Products, ESP, Tanker for Chemicals, ESP, Ship type 3 EO, 1A.

Шесть танкеров продуктовозов дедвейтом 47400 т заказаны ФГУП «Адмиралтейские верфи». Два из них («Troitsky Bridge» и «Tuchkov Bridge») сданы, еще четыре будут построены в ближайшие два года. Класс Lloyd's Register of Shipping: + 100A1, Double Hull Oil Tanker, ESP, SPM, SG 1.025, + LMC, UMS, IGS, IWS, L1, SCM, PCWBT.

Для осуществления своей деятельности ОАО «Совкомфлот» создало сеть дочерних компаний, через которые выполняются функции судовладельца, оператора судов, брокера и обеспечивается кредитование судостроительных проектов, коммерческие операции, техническая и коммерческая эксплуатация флота. Как правило, 70% контрактной стоимости новых судов финансируется за счет долгосрочных (до 10 лет) кредитов иностранных банков. Технический менеджмент всех упомянутых судов, на которых работают российские экипажи, осуществляет Unicom Management Services (Cyprus) Ltd, коммерческий — Sovchart (Женева).

Таким образом, осуществление программы пополнения танкерного флота позволит ОАО «Совкомфлот» к концу 2006 г. иметь 30 новейших судов суммарным дедвейтом 3 140 270 т, причем большинство из них построит Южная Корея (21 ед. — 2 536 889 т). ❐

Танкер «Anichkov Bridge»
Длина 183,2 м, ширина 32,2 м, высота борта 18 м, расчетная осадка 12,5 м, дедвейт 47 000 т, главный двигатель Hyundai B&W 7S50MC-C, макс. мощность 11 042 кВт при 127 об./мин (ном. — 7 575 кВт при 112 об./мин), экспл. скорость 14,5 уз, расход топлива 35,7 т/сут

НОВЫЕ СУДА ИЗ СЕВАСТОПОЛЯ

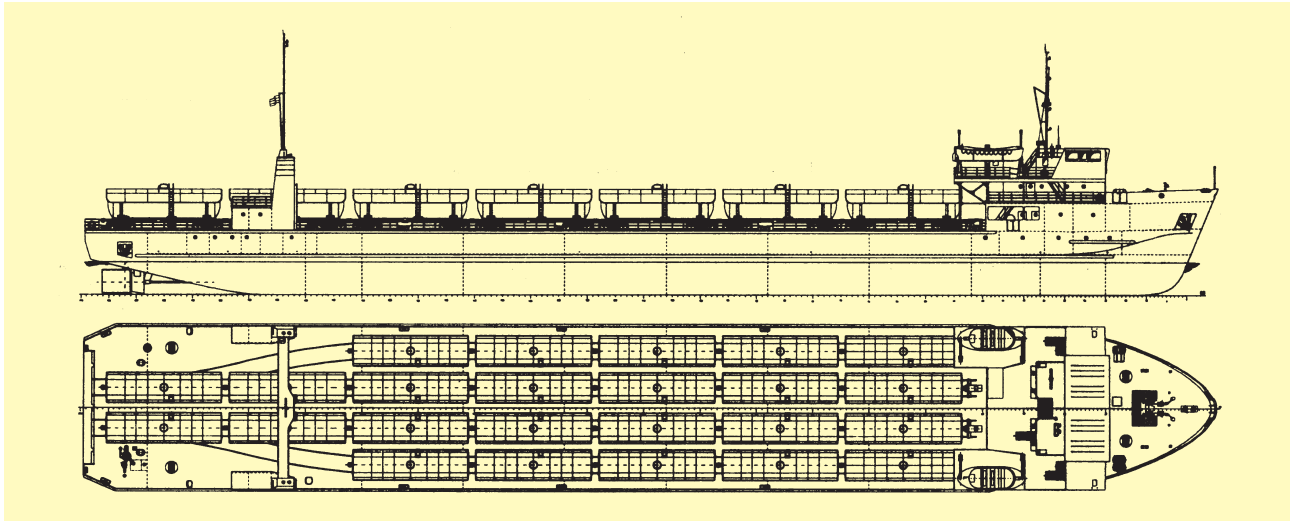
Судоремонтный завод «Южный» (Севастополь) сдал 8 апреля 2004 г. заказчику — ООО «Аншип» (Москва) — второй железнодорожный паром «Анненков» пр. 002CNF001, спроектированный Морским инженерным бюро (Одесса). Головное судно — паром «Петровск» — уже более года эксплуатируется судоходной компанией «Аншип» на линиях Махачкала — Актау, Махачкала—Туркменбаши.

Паром «Анненков» дедвейтом 2947 т построен на класс Российского Морского Регистра Судоходства КМ ★ Л4 [1] II СП для перевозки на открытой грузовой палубе 24 железнодорожных вагонов (цистерн), а также генеральных грузов. Его длина 105,2 м, максимальная — 110,5 м, габаритная ширина 16,4 м (расчетная — 16 м), высота борта до главной палубы 4 м, до верхней — 6,25 м, осадка по летнюю грузовую ватерлинию 3,2 м (в балласте — 2,73 м), габаритная высота по несъемным частям от основной плоскости 15,4 м, объем балластных танков 3530 м^3. Два главных дизельных двигателя мощностью по 650 кВт обеспечивают скорость хода

Паром «Петровск»

Паром «Анненков»

Достройка плавкрана пр. 15202



Боковой вид и план верхней палубы железнодорожного парома пр. 002CNF001

10 уз. Автономность судна 15 сут, экипаж — 13 чел., число пассажиров — 6.

Судостроительное предприятие ООО «Севморверфь» (Севастополь) подписало контракт и заканчивает постройку морского самоходного полноповоротного плавучего крана пр. 15202 грузоподъемностью 350—400 т для ОАО «Севморнефтегаз» (Россия). В августе 2004 г. плавкран планируется сдать заказчику и отправить в Северодвинск.

Основные характеристики: длина наибольшая 65,2 м, габаритная (стрела по-походному) — 69,8 м, ширина с привальным брусом 26,05 м, высота габаритная со стрелой по-походному 38,2 м, водоизмещение наименьшее 2970 т, наибольшее — 4190 т, осадка — соответственно 2,43 и 3,26 м, автономность плавания 20 сут, экипаж — 20 чел.

Движительная система плавкрана включает в себя два крыльчатых движителя типа КД20 (по правому и левому борту) с обслуживающими их электроприводами и оборудованием. Мощность, потребляемая электродвигателями при 94 об./мин, составляет 550 кВт.

В главную дизель-электрическую энергетическую установку входят три дизель-генератора ДГР2А 500/500 мощностью по 500 кВт каждый, обеспечивающие энергией два крыльчатых движителя, кран и общесудовые нужды.

ООО «Севморверфь» строит также бонопостановщик с элементами нефтесборки пр. 50360 для ОАО «Укртранснафта» (нефтетерминал порта «Южный»), проектант — КБ «Морская техника» (Севастополь). Основные характеристики: длина наибольшая 21,7 м, между перпендикулярами — 20 м, ширина наибольшая 6 м, высота борта на миделе 2,9 м, осадка средняя 1,48 м, водоизмещение 115 т. Энергетическая установка — дизельная; мощность главных двигателей 2 х 280 кВт, мощность вспомогательного дизель-генератора 16 кВт, скорость хода 12 уз.

Морскую самоходную грунтоотвозную шаланду ООО «Севморверфь» строит для ОАО «Черномортехфлот» (Одесса). Судно предназначено для приема, перевозки и разгрузки грунта на подводные свалки от многочерпаковых земснарядов при выполнении дноуглубительных работ на акваториях портов и на подходах к портам, а также для создания искусственных островов. Степень готовности — 36%, проектант — КБ «Морская техника». ❐

К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ АКАДЕМИКА Н. Н. ИСАНИНА

Николай Никитич Исанин — выдающийся ученый и конструктор, внесший основополагающий вклад в создание атомного ракетно-ядерного подводного флота, — родился 5 мая 1904 г. в Москве. С его именем связана разработка ряда фундаментальных принципов, обеспечивших оснащение подводных лодок стратегическими ракетными комплексами, автоматизацию управления этими комплексами, использование принципиально новых архитектуры и технологии создания подводных лодок, в том числе применение впервые титанового сплава для изготовления корпусных конструкций, что позволило резко повысить боевые характеристики подводных лодок.

Н. Н. Исанин по праву считается пионером в области установки стратегических баллистических ракет на подводные лодки. Впервые в мире 16 сентября 1955 г. с подводной лодки Б-67 пр. В611 был произведен надводный пуск ракеты Р-11ФМ (главный конструктор комплекса академик С. П. Королев). Ярким примером нового подхода к проектированию подводных лодок является создание атомной подводной лодки (АПЛ) пр. 661, на которой впервые была смонтирована энергетическая установка мощностью 80 тыс. л. с., позволившая получить не превзойденную до настоящего времени скорость подводного хода — 44,7 уз. Н. Н. Исанин был

Николай Никитич Исанин после вручения Ленинской премии. 1959 г.

инициатором оснащения АПЛ пр. 661 тактическими крылатыми ракетами с подводным стартом «Аметист» (главный конструктор комплекса академик В. Н. Челомей).

Николай Никитич вел большую научно-организационную работу в ряде научных советов Академии наук СССР (например, в совете по гидромеханике, совете по гидрофизике). Как действующий член Академии наук СССР возглавлял секцию водного транспорта Научного совета АН СССР по фундаментальным проблемам перспективных транспортных средств и транспортной энергетики. Н. Н. Исанин был членом высшей аттестационной комиссии, участвовал в работе комитета по Ленинским и Государственным премиям СССР в области науки и техники, руководил работой Центрального правления НТО им. академика А. Н. Крылова, являясь его председателем. Дважды, в 1966 и 1970 гг., избирался депутатом Верховного Совета СССР.

Н. Н. Исанин длительное время руководил такими крупными центральными конструкторскими бюро, как ЦКБ-17, ЦКБ-16, СКБ-143 (впоследствии СПМБМ «Малахит»). Дважды Герой Социалистического Труда (1963 г., 1974 г.), лауреат Сталинской премии I степени (1942 г.), лауреат Ленинской премии (1959 г.), награжден двумя орденами Ленина, орденами Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени, многими медалями.

Николай Никитич Исанин скончался 1 марта 1990 г. и похоронен на Серафимовском кладбище в Санкт-Петербурге.

В парке Победы в Санкт-Петербурге по проекту скульптора М. К. Аникушина воздвигнут памятник Н. Н. Исанину, на фасаде СПМБМ «Малахит» в 1994 г. открыта мемориальная доска, его имя носит научно-исследовательский корабль «Академик Н. Н. Исанин», построенный зеленодольскими судостроителями.

СУДОВОЕ ДИЗЕЛЕСТРОЕНИЕ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Е. Ю. Лерман, докт. техн. наук (ОАО «Концерн средне- и малотоннажного кораблестроения»), **В. Ф. Горшков,** канд. техн. наук, **В. В. Барановский,** канд. техн. наук (ВМА им. Н. Г. Кузнецова)

УДК 621.436:629.5

Морские перевозки во все времена были и остаются прибыльным направлением, обеспечивающим транспортную и экономическую безопасность страны, особенно при наличии отдаленных территорий. Они определяют возможность решения геополитических задач, дают новые рабочие места, инициируют развитие ряда направлений промышленности, в том числе машиностроения. Объем только рынка судостроительной продукции составляет 70—80 млрд дол. в год [1]. Учитывая, что стоимость главной энергетической установки (ЭУ) составляет 10—35% стоимости судна [2], вопросы конкуренции в дизелестроении, применения дизелей тех или иных фирм, даже с учетом различного рода затрат по продвижению на рынок продукции дизелестроения, представляются с экономической точки зрения весьма важными и актуальными.

Популярность использования дизелей в качестве главных двигателей на судах объясняется такими их достоинствами, как высокая готовность к действию, маневренность, топливная экономичность, компактность, незначительная чувствительность к параметрам окружающей среды, а также относительно высокая долговечность и простота обслуживания.

На удовлетворение потребностей современного судостроения и кораблестроения ориентированы основные зарубежные дизелестроительные компании: MTU и MAN (Германии), SEMI-Pielstick (Франция), GMT (Италия), Wärtsilä (Финляндия), Zulser (Швейцария), MHI (Япония), SWD (Нидерланды), Caterpilar (США), Paxman-Valenta (Великобритания). Основные поставщики дизелей для отечественного судостроения в настоящее время — ОАО «Коломенский завод» и ОАО «Звезда».

Кроме судостроения дизели широко применяются на транспорте и в качестве автономных источников электроэнергии.

В свое время вопросы развития дизелестроения традиционно рассматривались и обсуждались широким кругом специалистов [3]. И это не случайно, так как мировой опыт говорит о том, что с момента замысла до появления нового дизеля с заданными характеристиками и показателями проходит от 8 до 15 лет.

Отечественное судовое, тепловозное и промышленное дизелестроение всегда было одной из наиболее наукоемких отраслей тяжелой промышленности, поэтому его развитию соответствовала и научно-производственная структура в виде «Союздизельмаша» Министерства тяжелого и транспортного машиностроения СССР, объединявшего 14 заводов, три института, самостоятельные конструкторские бюро турбокомпрессоров и дизелей. При этом в танковой и автотракторной промышленности были свои проектные и технологические структуры, а также мощные заводы, технические решения которых всегда анализировались и учитывались в судовом дизелестроении.

Состояние дизелестроения на постсоветском пространстве в настоящее время характеризуется следующим. Харьковский завод им. Малышева, Токмакский завод «Юждизельмаш», Первомайский завод им. 25-летия Октября, ВПТИ «Энергомаш», а также Рижский дизельный завод (РДЗ) оказались за рубежом и отдалились от российских проблем, хотя и предпринимают отдельные попытки по участию в рыночных процессах России. При этом РДЗ прекратил существование как дизелестроительный завод, найдя свою нишу в области монтажа дизель-генераторных станций различной мощности. В России также прекратил свое существование первенец российского дизелестроения — завод «Русский дизель» вместе со специальным конструкторским бюро дизелестроения (СКБД), а на площадях Ленинградского дизельного завода производится все что угодно, только не дизели. Таким образом, появилась ниша в ряду среднеоборотных судовых и промышленных дизелей и газовых двигателей мощностью 3000—5000 кВт, не компенсированная отечественной техникой. Это место, несомненно, займут западные фирмы. В феврале 2004 г. введена процедура конкурсного производства на ОАО «Турбомоторный завод» в Екатеринбурге.

Аналогичные процессы идут вокруг различных проектов и в «малой» энергетике, например: предложение General Electric (GE, США) [4] по строительству завода в Ленинградской области, с тем чтобы в течение

5 лет занять 25% российского рынка для малых и средних судов и участвовать в железнодорожных программах, напрямую затрагивает жизненные интересы коломенских, нижегородских и брянских дизелестроителей. Причем объем инвестиций в указанное мероприятие декларируется в размере 75 млн дол., в два этапа за 7 лет. Или попытки освоения лицензии фирмы MTU на заводе «Дизельпром» в Чебоксарах в противовес дизелям заводов «Барнаултрансмаш» и «Звезда».

Практически, все известные компании, включая MTU, MWM-Deutz, MAN (Германия), Caterpillar, GE, Cummins (США) и другие, основали свои представительства в Москве, Санкт-Петербурге, Нижнем Новгороде и ведут интенсивную работу по внедрению своей продукции на российские объекты.

Широкая экспансия зарубежных фирм на российский рынок обусловлена в первую очередь их долгосрочными стратегическими интересами. Аналитикам этих компаний представляется, что через 10—15 лет Россия выйдет из полосы глубокого экономического кризиса и превратится в потенциально неограниченного потребителя дизельной продукции. Предполагается, что к тому времени отечественные производители дизелей либо уйдут в небытие, навсегда отстанут в научно-техническом плане, либо будут превращены во второстепенные филиалы мировых лидеров машиностроения.

К такому выводу можно прийти на основании опыта ОАО «Звезда». В период с 1992 по 2002 г. все упомянутые выше фирмы предпринимали усилия по установлению контактов по развитию сотрудничества с предприятием. Однако в планах такого сотрудничества ОАО «Звезда», как правило, отводилась вспомогательная роль проводника интересов западных компаний путем:

изготовления и поставок части номенклатуры малоответственных деталей и узлов для дизелей зарубежных моделей, производство которых энергоемко и экологически вредно;

сборки агрегатов (в основном, дизель-генераторов) на базе импортных комплектующих, включая дизели, для рынка России;

создания на производственных мощностях ОАО «Звезда» предприятий по сервисному обслуживанию и ремонту зарубежных двигателей;

содействия на комиссионной основе внедрению иностранной техники в новые проекты по заказам Министерства обороны (МО) и Министерства путей сообщения (МПС).

Ни прямо, ни косвенно подобные предложения не способствуют развитию отечественной техники, так как не предполагают даже минимальных инвестиций в производство.

Реализуя избранную стратегическую линию, зарубежные компании в первую очередь сосредотачивают свои усилия на модернизационных проектах и перспективной технике, создаваемой отечественными проектными организациями. В большинстве случаев это делается на коммерческой основе путем оплаты услуг конкретного проектно-конструкторского бюро и (или) вышестоящей инстанции, уполномоченной принимать решения по разработке проекта судна (корабля, дизель-поезда и т. п.) с использованием дизеля заинтересованной фирмы.

Судя по значительному числу новых российских проектов с иностранными двигателями, появившихся за последние 3—4 года, на эти цели затрачиваются большие средства, отдача от которых может быть получена весьма не скоро, так как программы строительства пока ограничиваются единичными головными образцами. Однако таким образом создается задел на перспективу, что отвечает избранной стратегической цели.

Наиболее яркие примеры, свидетельствующие о вытеснении дизелей ОАО «Звезда» с внутреннего рынка зарубежными аналогами, представлены в таблице.

Нормой становится и так называемое вариантное проектирование, когда в дополнение к основному проекту с отечественными комплектующими разрабатывается альтернативный проект с импортной

Использование отечественных (ОАО «Звезда») и зарубежных дизелей в новых проектах

Проект, проектант	Количество дизелей, марка, мощность, кВт			Характер применения	Кем принято решение	Стадия разработки, результат, дата
	ОАО «Звезда»	Зарубежные аналоги				
		MWM-Deutz	MTU			
Таможенный катер «Аквилон». ЦКБ по СПК, Нижний Новгород	2 x M470 1100 кВт	2 x TBD616V16 930 кВт	—	Новый проект	Заказчик — Таможенный комитет РФ	Рабочий проект. Решение в пользу иностранной фирмы. 1996 г.
СПК «Метеор 2000». ЦКБ по СПК, Нижний Новгород	2 x M470 1100 кВт	2x TBD616V12 817 кВт	—	Модернизация	Проектант ЦКБ по СПК	Построено 2 судна. Решение в пользу иностранной фирмы. 1998 г.
Теплоход «Линда». ЦКБ по СПК, Нижний Новгород	1 x M401A-2 810 кВт	1 x TBD616V12 817 кВт	—	Модернизация	Заказчик — правительство Татарстана	Построено 1 судно. Решение в пользу иностранной фирмы. 1997 г.
Патрульный катер. АО «Редан», Санкт-Петербург	1 x M470 1100 кВт	1 x TBD616V12 817 кВт	—	Новый проект	Заказчик — Таможенный комитет РФ, «Гидрорыбфлот»	Рабочее проектирование. Решения нет. 1998 г.
Корабль для ВМФ Вьетнама. «Северное ПКБ», Санкт-Петербург	3 x M507A 7360 кВт	—	3 x 20V1163 TB93 7400 кВт	Новый проект	Проектант — «Северное ПКБ»	Рабочий проект. Решение в пользу иностранной фирмы. 1996 г.
Корабль сопровождения «Скорпион». ЦМКБ «Алмаз», Санкт-Петербург	3 x M520 3970 кВт	—	4 x 12V1163 TB93 4440 кВт	Новый проект	ЦМКБ «Алмаз»	Рабочее проектирование. Решения нет. 1999 г.

техникой, якобы для иностранных заказчиков. Чаще всего к этому методу прибегают проектные организации, находящиеся в собственности государства.

Не затрагивая вопроса, на какие средства осуществляется переработка готовых проектов в пользу иностранных дизелестроительных фирм, следует отметить, что при вариантном проектировании возможны случаи, когда экспортный вариант разрабатывается до стадии рабочего проекта, в то время как работа над вариантом для внутреннего использования только имитируется. В качестве примера можно привести проект модернизации пассажирского скоростного катера на подводных крыльях (СПК) типа «Метеор-2000», выполненный Центральным конструкторским бюро (ЦКБ) по СПК, который доведен до строительства головных судов. В то же время альтернативный вариант «Бирюза» с дизелями М470 производства ОАО «Звезда» проработан лишь до стадии «предпроектной документации» (по определению самого ЦКБ по СПК). Следует, однако, отметить, что опыт эксплуатации «Метеора-2000» с дизелями компаниии «Янцзы-Ривер» в г. Ичан, произведенными по лицензии фирмы MWM-Deutz, свидетельствует о невысокой надежности указанных дизелей и их недостаточной мощности для выхода на крыло.

Поршневые двигатели, в пределах международной системы контроля внешнеэкономической деятельности, подлежат обязательной проверке на предмет возможности двойного применения. С одной стороны, это подчеркивает их важность как объекта промышленного производства, но, с другой стороны, при наличии запретительных законов, подзаконных актов и т. п. в регулировании российской внешнеэкономической деятельности [5], а также проводимой политики в части «военной» и «невоенной» продукции [6], ставит отечественное двигателестроение в абсолютно неравные условия с мировыми производителями.

В свете проводимой государственной политики по движению в сторону всемирной торговой организации (ВТО), эти факторы могут стать решающими в неравной конкурентной борьбе. Хотя уже и сегодня говорить о конкуренции с производителями дизелей, например Германии, инвестирующими сотни миллионов евро в научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы отечественных предприятий с годовым оборотом в несколько десятков миллионов долларов, достаточно сложно.

Следует отметить, что подобная ситуация сложилась и в других отраслях промышленности, например в авиапроме, для которого правительством принята и реализуется целевая программа развития гражданской авиатехники и взят курс на создание национальной самолетостроительной компании.

Одним из путей решения проблемы отечественного судостроения может стать принятие находящегося в настоящее время на рассмотрении в Государственной Думе законопроекта «О государственной поддержке судостроительной промышленности Российской Федерации».

Несомненно, значение отечественного дизелестроения внешне несопоставимо с авиационными или судостроительными проблемами, однако существует целый ряд сложных узкопрофессиональных «дизельных» вопросов, которые следует решать силами науки и производства, создавая двигатели с малыми физическими полями, с максимальной мощностной насыщенностью, для систем гарантированного питания стратегических ракетных комплексов, для систем основного, аварийного и резервного энергоснабжения судов, кораблей и подводных лодок, командных пунктов и т. п.

Сложно представить себе возможность допуска на подобные объекты специалистов иностранных государств для проведения технического и гарантийного обслуживания, устранения дефектов или сдачи объекта в эксплуатацию. К этому же относятся и такие вопросы национальной безопасности, как государственный резерв, складские оперативные запасы, технологическая стабильность, управляемость аварийным обеспечением, стоимость продукции и многое другое.

Обидно слышать из уст достаточно высоких руководителей тезис о том, что немногие и только состоятельные государства могут позволить себе разработки в области двигателей внутреннего сгорания, в связи с чем нужно закупать дизели у западных фирм.

При этом следует отметить, что и опыт эксплуатации достаточно широкой номенклатуры зарубежных дизелей не настолько безоблачен. И дело не только в вопросах качества поставок, но и в системе образования, уровне профессиональной подготовки отечественных эксплуатирующих организаций, адаптации к российским горючесмазочным материалам, стоимости запасных частей и т. п. Но конечный результат, как правило, один — устанавливается зарубежная техника.

Стоимость западных дизелей в 1,3—2 раза выше отечественных, а при примерно равной топливной экономичности (в эксплуатационных затратах стоимость топлива составляет до 85%) никакими заклинаниями, кроме «волевого решения», не удается обосновать эффективность их применения. Здесь уместна параллель с ситуацией в скоростных пассажирских перевозках на судах на подводных крыльях — сотни «Метеоров», «Комет» и «Ракет» были проданы по бросовым ценам в Китай, Вьетнам, Грецию и другие страны под лозунгом нерентабельности эксплуатации. В итоге там они успешно работают, принося прибыль, а, например, в Санкт-Петербург привлекаются СПК с Волги и других мест, так как нечем обеспечить перевозки туристов. Более того, Китай строит свои СПК и закупает новые «Ласточки» в России для перевозок по реке Янцзы, причем с «порицаемыми» у нас российскими дизелями.

Аналогичная ситуация складывается не только в судовом [7, 8], но и в танковом дизелестроении, традиционно бывшем достаточно обособленным от остальных моторостроителей [9]. Очевидно, что после безудержной и безоглядной приватизации будет сложно совместить интересы собственника и государства, но времени на раскачку уже практически нет.

Учитывая, что в авиастроении процесс коренной реструктуризации уже начался и на очереди судостроение, хочется надеяться, что настанет пора и для моторостроения.

Ряд положений по решению затронутой темы прозвучал в докладе заместителя министра промышленности, науки и технологии РФ С. Г. Митина на заседании Правительства РФ 10 июня 2003 г. [10], но запланированные мероприятия и сроки

до широкой научной и технической общественности доведены не были. А пока остается напомнить некоторые из предложений участников первого Всероссийского конгресса двигателестроителей [7]:

создать федеральный центр по поршневым двигателям (на базе еще не акционированных ФГУП ЦНИДИ, НИИД и др.);

внести в разрабатываемые предложения о приоритетном использовании естественными монополиями (МПС, РАО ЕЭС, ОАО «Газпром») отечественного энергетического оборудования (раздел по продукции отечественных дизелестроителей), а также учесть эти положения при разработке закона об энергетической безопасности РФ;

разработать мероприятия по укреплению связей между промышленностью и вузами, в частности, решить вопрос о финансировании производственной практики;

в качестве первоочередных задач разработать технические регламенты с учетом новых экологических требований на автобензин и дизельное топливо.

Опасность того, что Россия выпадет из состава моторостроительных держав, реально существует. Именно в данной ситуации представляется необходимым в срочном порядке рассмотреть пути возможного развития отечественного дизелестроения на самом высоком уровне.

Литература

1. *Пашин В.* М. Морская доктрина России должна работать/Доклад на МВМС-2003, СПб., 2003.
2. *Логачев С. И., Чугунов В. В.* Мировое судостроение. Современное состояние и перспективы развития. СПб.: Судостроение, 2000.
3. Технический уровень двигателей внутреннего сгорания//Труды ЦНИДИ. Л., 1984.
4. Санкт-Петербург, 3 февраля (ПРАЙМ-ТАСС).
5. *Лерман Е. Ю., Закржевский В. П., Балашов В. П.* Продукция российских дизелестроителей на мировом рынке. Проблемы совершенствования экспортной политики в интересах отечественных производителей//Морской вестник. 2003. № 2 (6).
6. *Гаврилюк И. И., Ерофеев В. И., Сидоренко Д. В.* Анализ номенклатуры и технических характеристик корабельных ДВС, потенциально пригодных для двойного применения.
7. 5-я Международная конференция «Моринтекс-2003»/Тезисы докладов. СПб., 2003.
8. *Махмудов А. М., Иванов Р. А., Васильков Э. К.* Судостроению — современную дизельную энергетику//Двигателестроение. 2003. № 4.
9. *Троицкий Н. И.* Требования к двигателям бронетанковой техники и их реализация//Двигателестроение. 2003. № 4.
10. *Митин С. Г.* О комплексе мер по развитию машиностроения//Двигателестроение. 2003. № 3.

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ГЛАВНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК НА СТАДИИ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОРАБЛЕЙ

В. В. Барановский, канд. техн. наук
(ВМА им. Н. Г. Кузнецова)

УДК 629.5.03.001.63

При разработке и создании главных энергетических установок (ЭУ) проектируемых кораблей возникает задача выбора оптимального варианта из большого числа возможных альтернативных. Выбор варианта главной ЭУ предполагает определение: типа ЭУ — паротурбинная, газотурбинная, атомная, дизельная или комбинированная; состава ЭУ — одномашинная или многомашинная; схемного исполнения комбинированной ЭУ — CODAG (Combined Diesel And Gas), COGAG (Combined Gas And Gas), CODLAG (Combined Diesel, Electric And Gas) и др.

Рациональность тех или иных технических решений при обосновании главной ЭУ перспективного корабля может быть установлена только путем оценки их влияния на комплекс тактико-технических характеристик корабля и через него на эффективность, стоимость создания и содержания корабля с конкретным вариантом главной ЭУ в составе флота. Подобный подход не является новым, он получил достаточно широкое распространение при исследовательском проектировании кораблей [1].

Среди задач отыскания оптимального сочетания характеристик главной ЭУ можно выделить однокритериальные и многокритериальные задачи оптимизации.

В случае постановки однокритериальной задачи оптимизации используется аксиома выбора, заключающаяся во введении принципа возможности количественной оценки качества функционирования системы. Подразумевается, что качество функционирования главной ЭУ может быть оценено с помощью одного критерия эффективности или одной целевой функции.

В самом общем случае постановка однокритериальной задачи оптимизации задается тремя множествами [2]:

$$(F, g, \{X^f\}), \qquad (1)$$

где F — множество математических зависимостей, определяющих связи между независимыми переменными X и зависимыми переменными Y (F можно рассматривать как математическую модель формирования альтернативных вариантов главной ЭУ);

$X = (x_1, x_2, \ldots x_n)$ — множество независимых управляемых переменных, в качестве которых могут приниматься такие характеристики главной ЭУ, как агрегатная мощность главных двигателей (ГД), тип ГД и схемное исполнение главной ЭУ;

$Y = (y_1, y_2, \ldots, y_m)$ — множество зависимых (от X) переменных, в качестве которых могут выступать ресурс ГД до заводского ремонта, массогабаритные характеристики главной ЭУ, показатели ее экономичности и др. Математические выражения для расчета зависимых переменных и составляют содержание математической модели. При выполнении практических расчетов можно пользоваться упрощенной записью $Y = F(X)$;

$g : \{X\} \times \{Y\} \rightarrow \{V\}$ — функция качества или целевая функция задачи, которая путем отображения множества $\{X\}$ на множество $\{Y\}$ принимает вид $\{V\}$ — множества оценок характеристик главной ЭУ, которое при упорядочении отношением $\leq$ или $\geq$ принимает вид критерия эффективности;

$\{X^f\}$ — множество независимых переменных, определяющих область допустимых решений. Сужение множества $\{X\}$ обусловлено необходимостью удовлетворить системе ог-

раничений, обеспечивающих содержательность математической модели главной ЭУ. В данном случае это быть могут ограничения по габаритам и массе главной ЭУ, ресурсу ГД и т.п.

Таким образом, постановка однокритериальной задачи оптимизации может быть сформулирована следующим образом: для данного подмножества $\{X^f\} \subseteq \{X\}$ требуется найти такое значение управляемых переменных $\hat{x} \in \{X^f\}$, которое обращает в экстремум критерий эффективности

$$g(\hat{x}) = extrg(x) \quad или \quad g(\hat{x}) \le g(x), \quad \forall x \in \{X^f\} \qquad (2)$$

для математической модели формирования альтернативных вариантов главной ЭУ $Y = F(X)$.

Множество $\hat{x} \in \{X^f\}$ и характеризует оптимальный вариант установки, т.е. является решением задачи оптимизации, в данном случае однокритериальной.

В качестве примера рассмотрим решение задачи обоснования оптимального варианта главной ЭУ проектируемого корабля с помощью несложной, но учитывающей основные характеристики установки модели.

Определение оптимального варианта главной ЭУ проектируемого корабля. Считаем, что концепция оперативно-тактического использования корабля известна и характеризуется следующими основными положениями:

1. Коэффициент оперативного напряжения $K_{он} = 0{,}35...0{,}4$;

2. Директивная продолжительность большого цикла $T_ц = 10$ лет;

3. Через 5 лет эксплуатации в течение большого цикла предусмотрен текущий ремонт корабля, в процессе которого (в случае необходимости) может выполняться заводской ремонт ГД;

4. Спектр скоростей использования корабля в течение цикла задан (рис. 1).

Исходные данные: водоизмещение корабля $D = 7000$ т, дальность плавания $S = 5000$ миль, скорость полного хода $v_{пх} = 32$ уз, боевая экономическая скорость $v_{бэс} = 20$ уз (зависимость скорости корабля от мощности главной ЭУ представлена на рис. 2).

Рис. 1. **Спектр скоростей использования корабля:**
1 — экономическая скорость;
2 — полная скорость

Ограничения задачи:

1) по массогабаритным характеристикам — относительная доля водоизмещения, занимаемого главной ЭУ вместе с запасами топлива, не должна превышать 15%;

2) по живучести, надежности и безопасности — оборудование главной ЭУ должно размещаться не менее чем в двух автономных отсеках, исключающих потерю хода корабля в случаях повреждения (боевого поражения, затопления, пожара и т.п.) одного из них.

3) по ресурсу ГД — суммарная наработка любого ГД из состава главной ЭУ в течение большого цикла (с учетом возможности проведения заводского ремонта во время текущего ремонта корабля) не должна превышать его удвоенного ресурса до заводского ремонта.

Для решения задачи оптимизации в качестве независимых варьируемых переменных X примем следующие характеристики главной ЭУ:

$x_1 = \{N_{ej}\}$ — номинальная мощность i-го ГД j-го типа;

$x_2 = \{t_{pi}\}$ — ресурс i-го ГД j-го типа до заводского ремонта;

$x_3 = P_т$ — запас топлива, необходимый для обеспечения заданной дальности плавания;

$x_4 = M_{ГЭУ}$ — масса главной ЭУ.

Следует отметить, что компонентами вектора x могут быть не только независимые варьируемые

Рис. 2. **Зависимость скорости корабля от мощности главной ЭУ**

переменные, как это было отмечено выше. В отдельных случаях интересы задачи требуют рассмотрения в качестве таковых и некоторых зависимых переменных, как в нашем случае, например, переменная x_2 зависит от типа ГД. Эта особенность не повлияет на справедливость дальнейших рассуждений, но может их затруднить, поэтому будем считать, что варьируются только независимые переменные множества $\{X\}$.

В качестве упрощенной математической модели $Y = F(X)$ будем рассматривать зависимости удельного расхода топлива от мощности для ГД различных типов (рис. 3), зависимости для оценки массы главной ЭУ и данные по ресурсу ГД до заводского ремонта и агрегатной мощности

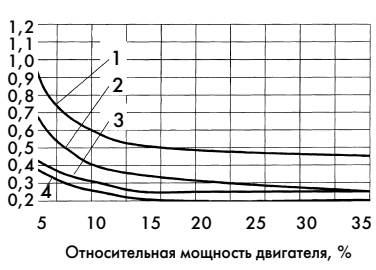


Рис. 3. **Изменение удельного расхода топлива современных тепловых двигателей:**
1 — паротурбинная установка; *2* — ГТД простого открытого цикла; *3* — высокооборотные дизели; *4* — ГТД сложного цикла (типа WR-21) и дизели повышенной оборотности

ГД различных типов, представленные в таблице.

Выражение для приблизительной оценки массы газотурбинной, дизельной и комбинированной дизель-газотурбинной энергетических установок без учета запасов топлива, массы вспомогательной ЭУ и электроэнергетической системы корабля можно представить зависимостью

$$P^{ГЭУ} = \sum_{i=1}^{n}(q_i^{ГД} N_{ei}^{ГД}) + \sum_{j=1}^{k}(q_j^{P} N_{ej}^{P}) + N_e (q_M^{ВП} + q_M^{ВМ} + q_M^{ТР} + q_M^{ТОА} + q_M^{САР}), \qquad (3)$$

где $q_i^{ГД}$ — удельная масса i-го ГД, которая составляет для газотурбинного двигателя 4-го поколения простого цикла — 0,3 кг/кВт; для ГТД сложного цикла (с промежуточным охлаждением и регенерацией теплоты) — 2,7—3,4 кг/кВт; для ГТД сложного цикла с тепловым утилизационным контуром и паровой турбиной (ТУК и ПТ) — 6,8—8,2 кг/кВт; для ГТД

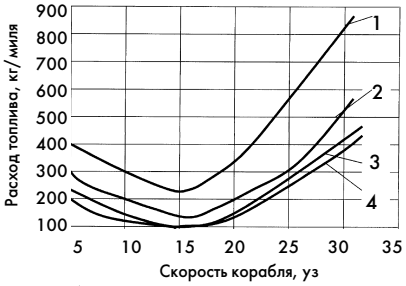


Рис. 4. **Изменения расхода топлива на милю в зависимости от скорости корабля для различных вариантов главной ЭУ:** *1* — паротурбинная установка; *2* — четыре всережимных двигателя типа М-90ФР; *3* — два маршевых сложного цикла и два форсажных газотурбинных двигателя типа М-90ФР; *4* — два маршевых сложного цикла и четыре форсажных газотурбинных двигателя типа М-70ФР

сложного цикла с ТУК — 2,4—2,7 кг/кВт; для высокооборотных дизелей — 2,4—3,0 кг/кВт; для дизелей повышенной оборотности — 4,5—6,5 кг/ кВт; $N_{ei}^{ГД}$ — агрегатная мощность *i*-го ГД; *n* — количество ГД в составе главной ЭУ; q_i^P — удельная масса *j*-го редуктора главной ЭУ, которая находится в пределах 2,9—4,2 кг/кВт; N_{ej}^P — мощность, передаваемая *j*-м редуктором; *k* — количество редукторов в составе главной ЭУ; $N_e^{ВП}$ — номинальная мощность главной ЭУ; q_M — удельная масса валопроводов с движителями (2,6—2,9 кг/кВт); $q_M^{ВМ}$ — удельная масса вспомогательных механизмов, обслуживающих главную ЭУ (0,2—0,3 кг/кВт); q_M^{TP} — удельная масса трубопроводов главной ЭУ (0,7—0,8 кг/кВт); $q_M^{ТОА}$ — удельная масса теплообменных аппаратов (0,22—0,25 кг/кВт); q_M^{CAP} — удельная масса систем автоматического регулирования и защиты (0,19—0,22 кг/кВт).

Для оценки массы атомной ЭУ и входящей в ее состав паротурбинной установки можно воспользоваться упрощенной зависимостью вида

$$P^{ГЭУ} = q_M^{ГЭУ} N_e, \qquad (4)$$

где $q_M^{ГЭУ}$ — удельная масса главной ЭУ, которая соответственно сотавляет для атомной ЭУ — 38,0—40,8 кг/кВт и для паротурбинной установки — 12,9—13,6 кг/кВт.

Анализ математической модели и формулировка задачи оптимизации. Искомыми величинами являются независимо варьируемые и зависимые переменные, которые обозначены как компоненты вектора *X*: x_1, x_2, x_3, x_4.

Критерий эффективности для нашей задачи оптимизации может быть сформулирован следующим образом: для проектируемого корабля обосновать такой вариант главной ЭУ (тип, мощность ГД и схемное исполнение), чтобы обеспечить минимальный расход топлива на милю для любой скорости корабля. С учетом ограничений задача оптимизации имеет вид (5)

$$g(X) = b_m = \frac{B_ч}{v} = \frac{\sum(b_{ei}^{ГД} N_{ei}^{ГД})}{v^{ЭХ}} \rightarrow$$
$$\rightarrow min,\ i = \overline{1,n}. \qquad (5)$$

Параметрическими ограничениями, т.е. теми, которые накладываются на область изменения независимых переменных x, являются:

уравнение суммарной мощности ГД

$$\sum_{i=1}^{n} x_1 \geq N_e^{ПХ},$$

где $i = \overline{1,n}$ — количество ГД в составе ЭУ, т.е. суммарная мощность ГД должна быть не меньше мощности главной ЭУ на полном ходу корабля;

уравнение ресурса ГД

$$\sum_{t=0}^{i=T} t_{pi} \leq 2\, x_2,$$

т.е. суммарная наработка *i*-го ГД в течение времени большого цикла $T_ц$ не должна превышать удвоенного ресурса данного двигателя до заводского ремонта (с учетом возможности проведения заводского ремонта ГД в период текущего ремонта корабля);

уравнение запасов топлива на корабле

$$x_3 \geq \frac{S}{b_м^{ЭХ}},$$

где $b_м^{ЭХ}$ — расход топлива на милю на экономической скорости корабля, ограничивающее запас топлива на корабле, не менее требуемого для обеспечения проектной дальности плавания;

уравнение массы главной ЭУ вместе с запасами топлива

$$x_3 + x_4 \leq 0,15D \leq 1050 \text{ т}.$$

Функциональные ограничения распространяются на область изменения функции *F* должны быть указаны в условиях задачи. К ним относятся:

ограничение по живучести, надежности и безопасности, в соответствии с которым должны быть исключены случаи полной потери хода при повреждении одного из автономных энергетических отсеков, из чего следует, что общее количество маршевых и форсажных двигателей в составе главной ЭУ должно быть не менее четырех или не менее двух, если установка укомплектована всережимными двигателями;

ограничение по суммарной мощности маршевых двигателей

$$\sum N_{ej}^{МД} \geq N_e^{БЭХ};\ j = \overline{1,m},$$

в соответствии с которым суммарная мощность маршевых двигателей должна быть не менее мощности главной ЭУ на боевой экономической скорости.

Рассматриваемая задача оптимизации принадлежит к классу задач нелинейного программирования решается численными (поисковыми) методами, использование которых предполагает итерационные процедуры. Выбор того или иного метода определяется конкретным содержанием задачи и опытом исследователя. Наиболее простыми, достаточно удобными и подходящими для нашего примера

Основные данные по ресурсу главных ЭУ различных типов

Тип главных двигателей (агрегатов)	Ресурс до заводского ремонта, ч	Диапазон изменения агрегатной мощности, кВт
Атомные и паротурбинные установки:		
паровые турбины	25 000	7 500—37 500
паровые котлы	20 000—25 000	
Газотурбинные установки:		
простого открытого цикла	20 000	3 700—30 000
сложного цикла	20 000	До 25 000
с регенератором	20 000	До 20 000
с ТУК и ПТ	20 000	До 20 000
Дизельные установки:		
высокооборотные	3 500	1 500—7 500
повышенной оборотности	10 000	1 600—8 000

являются методы прямого и случайного поиска, суть которых достаточно подробно изложена в работе [2].

В типичном методе прямого поиска направления минимизации полностью определяются на основании последовательных вычислений значений целевой функции $g(x)$. По существу, методы прямого поиска простейшего типа заключаются в изменении каждый раз одной переменной, тогда как другие остаются постоянными, пока не будет достигнут минимум.

Именно таким методом (рис. 4) установлено, что наиболее рациональным вариантом главной ЭУ проектируемого корабля, согласно критерию (5), является газотурбинная установка со схемным исполнением COGAG в составе двух маршевых двигателей сложного цикла мощностью по 7 400 кВт и четырех форсажных двигателей простого открытого цикла мощность по 11 200 кВт. При этом масса главной ЭУ вместе с запасами топлива составляет около 870 т. Варианты главной ЭУ с дизельными ГД в качестве маршевых не удовлетворяют ограничениям по ресурсу.

Предлагаемая методология обоснования выбора главных ЭУ проектируемых кораблей получила название направленного синтеза и может использоваться исключительно в целях проектирования. Здесь в качестве аргументов математической модели выступает формализация наперед задаваемых свойств установки, а сочетание получаемых значений функции и ее аргументов дает необходимую информацию для получения облика создаваемого объекта.

Литература

1. *Худяков Л. Ю.* Исследовательское проектирование кораблей. Л.: Судостроение, 1980.
2. *Захаров И. Г.* Теория компромиссных решений при проектировании корабля. Л.: Судостроение, 1987.

ВЛИЯНИЕ ЛЕДОВЫХ УСЛОВИЙ НА ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ РАБОТЫ ГЛАВНОЙ КОНДЕНСАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ АТОМНЫХ ЛЕДОКОЛОВ

А. Т. Данилов, канд. техн. наук, А. Ю. Ластовцев, канд. техн. наук
(ГМА им. адмирала С. О. Макарова)

УДК 621.175.002.5:629.561.5

Конденсационная установка (КУ), входящая в состав паротурбинной установки (ПТУ) атомных ледоколов типа «Россия», представляет собой комплекс оборудования для осуществления термодинамического цикла «пар—конденсат» и поддержания теплового баланса в главном конденсаторе (ГК). Без этого цикла невозможно энергетическое функционирование атомной энергетической установки (АЭУ). Охлаждение КУ обеспечивается циркуляционной системой, основным элементом которой является водозаборное устройство, конструктивно выполненное в виде ледового ящика и водоподводящих каналов-перетоков, по которым забортная вода поступает к циркуляционным насосам.

На ледоколах типа «Россия» в КУ применяются ледовые ящики коробчатой конструкции с внутренней перегородкой в виде λ -образного отбивного листа, отсеивающего крупные куски льда и не допускающего их попадания в перетоки (рис. 1). Расположенные побортно в носовой и кормовой частях корпуса судна ледовые ящики обеспечивают прием забортной воды для охлаждения главных и вспомогательных механизмов носовой и кормовой электростанций. Предусмотрен также днищевой аварийно-вспомогательный прием забортной воды, на который переходят в случае отсутствия воды в бортовых ящиках. В этом режиме из-за недостатка воды в системе охлаждения снижается паропроизводительность реакторной установки (РУ) и мощность ПТУ. Кроме того, в условиях мелководья днищевой прием засоряет систему и теплообменные аппараты взвесями придонного грунта.

Непосредственно цикл «пар—конденсат» осуществляется в ГК, представляющем собой поверхностный теплообменный аппарат, в котором теплота парообразования отнимается охлаждающей водой и выбрасывается за борт. Чем меньше этой теплоты теряется, тем экономичнее режим работы ПТУ, тем выше термический КПД теплового цикла. Однако паросиловая установка не может существовать без фазового превращения рабочего тела, поэтому она имеет низкий термический КПД.

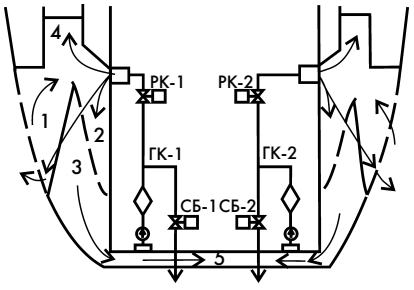


Рис. 1. **Схема приема забортной воды на атомном ледоколе типа «Россия»:** *1* — камера бортового приема ледового ящика; *2* — сепарационная камера; *3* — смесительная камера; *4* — камера воздухоудаления; *5* — днищевой переток; *РК, СБ* — заслонки для регулирования температуры забортной воды; *ГК* — главный конденсатор

Тепловой цикл оптимален только на постоянных уровнях нагрузки ПТУ, на промежуточных уровнях термический КПД цикла резко падает. Это вызвано прежде всего частым реверсированием гребной электрической установки (ГЭУ) — до 30—50 раз в час — из-за постоянного изменения ледовой обстановки. Наиболее тяжелым является зимний период, когда возникают затруднения с приемом охлаждающей воды, а ее температура снижается до 0—4°С. В этих условиях КПД цикла поддерживается близким к расчетному значению только за счет регулирования температуры и подачи охлаждающей воды на входе в ГК. Поддержание оптимального соотношения между количествами отработанного пара и охлаждающей воды в этом случае является проблемной задачей эксплуатации ПТУ. Трудность ее решения заложена в конструктивном исполнении водозаборного устройства и структурно-функциональной схемы управления ПТУ.

Прежде всего, неудачно расположен носовой водозабор. В этом месте скуловая часть корпуса судна переходит в цилиндрическую и гидродинамическое давление набегающего потока и взламываемого льда на корпус максимально. В результате в ледовые ящики нагнетается мелкобитый лед со снегом. В меньшей мере этому подвержены ледовые ящики, расположенные в средней и кормовой частях корпуса судна, где профиль и динамика обтекания совершенно иные. Поэтому водозабор было бы целесообразнее сместить на

3—4 шпации в корму — в среднюю часть корпуса.

В разное время года способы разрушения льда различны: зимний хрупкий лед проламывают всей массой корпуса, весной и летом тонкие мягкие льды прорезаются форштевнем. При этом образуются разные компоненты льда: большие и мелкораздробленные куски и сплошная крошка-шуга (смесь мелкобитого льда и снега), оказывающие различное влияние на работу водозаборных устройств. При определении габаритов проходных сечений перетоков и приемной, смесительной и сепарационной камер ледового ящика не был учтен фактор всепогодности, влияющий на реологические свойства льда. Поэтому при работе системы автоматического регулирования температуры забортной воды (система «Шуга») происходят частые сбои.

Динамика изменения температурного режима КУ определяется взаимодействием следующих параметров ГК: температуры $t_{оп}$ и давления $p_к$ конденсации отработавшего пара, температуры t_1 и количества W охлаждающей воды на входе и конденсатор. Тепловой баланс в цикле «пар—конденсат» обеспечивается только при определенных сочетаниях этих параметров и поддерживается ежесекундной компенсацией тепловой энергии, срабатываемой в главной турбине, холодной забортной водой, прокачиваемой через конденсатор в строго определенных количествах.

Столь чувствительная роль конденсатора в составе ПТУ требует бесперебойной подачи к нему охлаждающей воды и слаженной работы всех элементов и систем КУ. В первую очередь она определяется перепадом температур забортной воды на входе и выходе из конденсатора, находящимся в строгой зависимости от температуры конденсации отработанного пара $t_{оп}$ при соответствующем ей давлении $p^к$ в конденсаторе:

$$t_{оп} = t_2 + \delta t = t_1 + \Delta t_{зв} + \delta t, \qquad (1)$$

где t_1, t_2 — температура забортной воды на входе и выходе из ГК; $\delta t = t_п - t_2 = 11°C$ — средний температурный напор, создаваемый в ГК со стороны паровой нагрузки на выходе охлаждающей воды; $\Delta t_{зв} = t_2 - t_1 = \Delta i_к G_к / (W c_{зв}) = 19$ °C — нагрев забортной воды в ГК в результате конденсации пара; $\Delta i_k = i_п - t_k = 2524$ кДж/кг — среднее изменение энтальпии конденсата $i_к$ при средней энтальпии отработанного пара $i_п = 2562$ кДж/кг и средней температуре конденсата $t_к = 37°C$; $G_к = G_п = 240$ т/ч — количество конденсата, образовавшегося при конденсации отработанного пара; $W = 6800$ м^3/ч — номинальный расход охлаждающей воды; $c_{зв} = 3{,}93$ кДж/(кг·град) — удельная теплоемкость морской воды.

Кроме того, бесперебойность водоснабжения ГК необходима для поддержания в определенном диапазоне температурного напора a, создаваемого отработанным паром на входе охлаждающей воды:

$$a = t_п - t_1 = \Delta t + \delta t. \qquad (2)$$

При номинальной паровой нагрузке конденсатора, равной 240 т/ч, этот напор в среднем составляет 30°C, в то время как на выходе он в среднем равен 10°C. Отсюда следует, что для обеспечения нормального температурного режима работы КУ необходимо подать в ГК не менее 3 кг забортной воды на 1 кг отработанного пара, т.е. тепловая нагрузка ГК по пару требует на входе около 2 т охлаждающей воды каждую секунду. Поэтому малейшая задержка с подачей достаточного количества воды вызывает нарушение температурного режима работы КУ с большими последствиями для безопасности всей АЭУ.

При существующей конструкции водозаборного устройства нормальное водоснабжение возможно только при полном заполнении ледовых ящиков водой и отсутствии в них мелкобитого льда и шуги, что в практике не всегда имеет место. Недостаток забортной воды начинает ощущаться при понижении уровня воды в ледовых ящиках до 3—3,5 м, при котором начинает нарушаться теплообмен в ГК, приводящий к ограничению мощности главных турбоагрегатов. В этом случае приоритет бесперебойной водоподачи отдается системе охлаждения вспомогательных турбогенераторов, обеспечивающих жизнедеятельность судна и электропитание основных механизмов РУ и ПТУ.

При полном обмерзании ледовых ящиков в результате постоянного пополнения их большой массой льда и снега срабатывает сигнал о падении уровня, что приводит к недостатку охлаждающей воды и аварийной остановке одного—двух вспомогательных турбогенераторов с отключением отдельных потребителей РУ и ПТУ от главного распределительного щита, а затем — полному обесточиванию этого щита с выводом из действия всех потребителей и переходом на аварийное питание. При заполненном доверху ледовом ящике срабатывание аварийного сигнала в системе управления ПТУ должно обеспечивать 4-минутную работу циркуляционного насоса, необходимую для вывода турбоагрегата из действия.

Частое изменение уровня воды в ледовых ящиках приводит к колебаниям температуры воды в них, нарушению баланса тепла и холода в ГК, срабатыванию защиты турбины по падению вакуума и выключению его из системы электродвижения.

Основными причинами понижения уровня воды в ледовых ящиках являются: перекрытие приемных отверстий взламываемым льдом, их обмерзание, образование в ящиках сплошного ледового покрова при недостаточном воздухоудалении, забивание междудонных перетоков подтаявшим мелкобитым льдом и шугой.

Несмотря на то, что удельная паровая нагрузка ГК практически остается постоянной, температурный режим КУ в период реверса ГЭУ резко изменяется в результате сброса в ГК больших количеств свежего пара температурой до 120°C, что требует быстрого увеличения подачи охлаждающей воды и восстановления теплового баланса в ГК. Однако вследствие большой тепловой инерционности системы «пар—конденсат» реверс вызывает скачкообразное повышение температуры конденсации $t_{оп}$ и давления $p_к$ пара в ГК. Спустя некоторое время (до 30 с) такая разбалансировка температурного режима КУ восстанавливается увеличением подачи охлаждающей воды W и приведением температурных напоров a и δt в норму. Но так как это время соизмеримо со временем одного реверса, то практически главный циркуляционный насос, работая на переменных режимах, не успевает изменять свою подачу, что ведет к перегреву ГК и росту в нем давления $p_к$.

Компенсация увеличения паровой нагрузки конденсатора, в том числе и за счет сброса в него излишков свежего пара, может осуществляться путем снижения температуры забортной воды ниже 10°C или увеличения подачи циркуляционного на-

соса при этой температуре. Однако в этом случае в паровоздушной смеси, отсасываемой эжектором из ГК, растет количество переохлажденного воздуха $g_в$ и его парциальное давление $\Delta p_в$, что создает подпор $\Delta p_э$ на всасывании эжектора и ведет к росту $p_к$. При этом дальнейшее увеличение $p_к$ будет зависеть от роста удельной паровой нагрузки $\Delta d_к$ конденсатора и парциального давления воздуха в нем, величины перепадов давлений на эжекторе $\Delta p_э$ и в воздухоотсасывающем трубопроводе $\Delta p_{тр}$ до эжектора:

$$p_к = \Delta d_к + \Delta p_в + \Delta p_э + \Delta p_{тр}. \quad (3)$$

Таким образом, выражение (3) еще раз показывает, что температурный режим КУ зависит от работы всех ее элементов, а также от удельной паровой нагрузки ГК и температуры охлаждающей воды на входе, которые, в свою очередь, существенно зависят от условий эксплуатации ледокола.

Используемая на ледоколах система автоматического регулирования температуры забортной воды в ледовом ящике настраивается из условия поддержания температуры конденсации пара в ГК в диапазоне 35—40°С, что позволяет создать перепад температур забортной воды $\Delta t_{зв}$ на входе и выходе из конденсатора в пределах 15—20°С. При этом предполагается, что уровень воды в ледовом ящике близок к верхнему и в нем отсутствует ледовая крошка.

Однако в зимний период уровень воды в ледовом ящике колеблется в широких пределах и поддержание нормального температурного режима КУ путем выравнивания в нем температур холодной и подогретой охлаждающей воды затруднено из-за неравенства их объемов. Замещающей забортной воды поступает значительно больше, чем подогретой воды рециркуляции. Кроме того, в ящик набивается много мелкобитого льда и снега, которые при температуре наружного воздуха до –30°С смерзаются, образуя более крупные куски льда или сплошной ледовый покров, что увеличивает тепловую инерционность водозаборного устройства. Поэтому нагретая в ГК до температуры 15—20°С охлаждающая вода не успевает выравнивать температуру более холодной воды во всем объеме ледового ящика. Это ведет к образованию и накоплению в нем шуги, которая вместе с водой продвигается по перетокам на прием к насосу, уменьшая проходное сечение перетоков и количество подводимой воды.

Большей частью провалы давления $p_к$ вызваны нарушением теплового баланса в ГК из-за недостатка охлаждающей воды, приводящим к срабатыванию аварийной защиты и остановке главных турбоагрегатов. Это создает проблемы эксплуатации АЭУ, связанные с последующим вводом их в нормальный режим. Кроме того, частые изменения нагрузки ПТУ приводят к нарушению теплового режима главной турбины, росту тепловых деформаций корпуса и ротора, нарушению нормального режима смазки узлов трения и увеличению их износов.

Работа оборудования КУ в экстремальных условиях не может быть признана нормальной. Наиболее слабыми узлами являются регулирующий клапан и клапан травления, регуляторы давления и температуры пара, регуляторы уровней в ГК и деаэраторе, органы распределения (золотники, плунжеры) потоков силового масла по каналам системы управления, регулирования и защиты главной турбины и турбины циркуляционного насоса. По причине нестабильной работы этих органов имели место четыре случая самопроизвольной остановки турбонасоса без срабатывания системы его защиты и запуска резервного насоса, что приводило к неоднократным запариваниям главных конденсаторов и нарушениям их воздушной плотности и требовало больших затрат времени на приведение ПТУ в работоспособное состояние.

Эти трудности в значительной степени вызваны не только конструктивными особенностями водозаборных устройств, но также и неотработанностью алгоритмов управления температурным режимом КУ.

В существующей иерархии управления КУ отведена вспомогательная роль, в то время как она, выполняя функцию термического регулятора в тепловом цикле, одновременно является связующим звеном между тепловой мощностью РУ и эффективной мощностью турбины. Поэтому она требует более высокого уровня управления с перестройкой алгоритма управления всей АЭУ.

Роль связующего звена требует, чтобы алгоритм управления КУ учитывал все многообразие факторов, оказывающих влияние на работоспособность и состояние всех ее элементов. Влияние каждого из них отражается на давлении конденсации отработавшего пара в ГК $p_к$, являющемся интегральным показателем работоспособности КУ. Поэтому он и введен в качестве контрольного в систему защиты КУ. Однако определить степень влияния многочисленных факторов на изменение $p_к$ в случае срабатывания аварийной защиты довольно затруднительно.

Многолетний опыт эксплуатации ПТУ атомных ледоколов показывает, что основная причина падения вакуума в ГК — отсутствие в алгоритме управления КУ сигналов об изменении состояния водозаборного устройства при разных погодных и климатических условиях. Уровень и температура воды в ледовом ящике, контролируемые локальной системой регулирования, являются вторичными от этих первопричин и в иерархии управления КУ не играют особой роли, так как находятся на нижнем уровне, не связанном функционально с давлением конденсации пара $p_к$.

Алгоритм управления циркуляционным насосом не учитывает изменения скоростей замещающих объемов воды в перетоках при уменьшении их проходного сечения в результате забивания мелкобитым льдом и шугой.

Выявление всех причин изменения параметра $p_к$ и разработка оптимального алгоритма управления КУ возможны только на основе анализа и учета взаимосвязей между основными элементами АЭУ, вытекающими из структурно-функциональной схемы управления ГЭУ. В соответствии с этой схемой тепловая мощность РУ расходуется главным турбоагрегатом, как силовым элементом АЭУ, на преодоление ледового сопротивления корпусу судна, формируемого приводным валом генератора ГЭУ. Однако в основе преобразований разных видов энергий (тепловой, механической, электрической, гидромеханической) лежит тепловой цикл, осуществляемый в ПТУ. Поэтому важно выявить влияние на него изменений режимов работы каждого из отмеченных элементов и подчинить эти изменения единой цели — обеспечению стабильности теплового цикла.

В условиях ледового плавания нагрузка на гребных винтах задается судоводителем с учетом реальной ледовой обстановки. При каж-

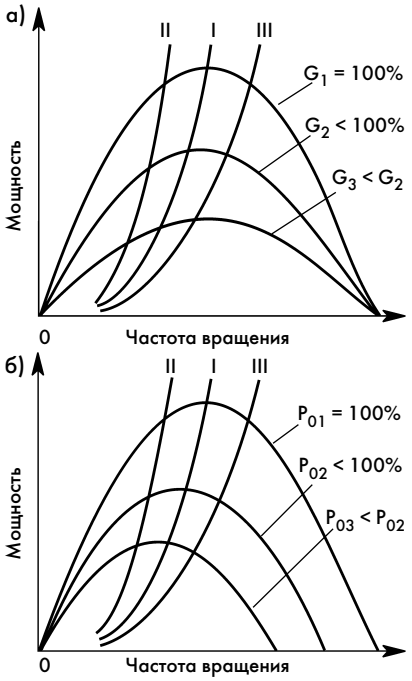


Рис. 2. **Нагрузочные характеристики генератора (*а*) и турбины (*б*) в комплексе «турбина—генератор»**

дом реверсе алгоритм управления турбиной перестраивается на обеспечение мощностного баланса на входе и выходе пропульсивного комплекса, который поддерживается между турбиной и гребным винтом в зависимости от алгоритма управления гребным электродвигателем. Перестройка алгоритма проводится таким образом, что в моменты «*стоп гребной винт*» на турбину поступает минимальное количество свежего пара (только для поддержания режима холостого хода), в то время как остальной пар, минуя турбину, сбрасывается в ГК через дроссельно-увлажнительное устройство.

Фактически переходные режимы для ПТУ атомных ледоколов становятся основными, что требует устойчивой работы системы охлаждения. В такие моменты система водозабора должна обеспечивать максимальный прием забортной воды, а ледовые ящики не должны быть забиты льдом, что практически невыполнимо даже при наличии системы автоматического поддержания температуры воды в них в пределах 10—15 °С. Вероятность срыва подачи воды в таких случаях остается большой, что часто подтверждается практикой независимо от опыта и квалификации обслуживающего персонала.

Рассмотрим характер изменения температурного режима работы ГК в зависимости от нагрузки главного турбоагрегата и от недостатка охлаждающей забортной воды. Для этого воспользуемся зависимостью мощности турбины от расхода пара $\Delta N_т = f(G_п)$ и давления в конденсаторе от его паровой нагрузки $p_к = f(d_к)$:

$$\frac{DN}{G_п} = f\left(\frac{p_к}{d_к}\right). \qquad (4)$$

Первая часть выражения (4) представляет собой нагрузочную характеристику главной турбины, работающей на генератор (рис. 2), а левая — характеристику ГК, построенную экспериментальным путем (рис. 3). Таким образом, выражение (4) представляет собой совместное уравнение материального и теплового баланса, функционально связывающего силовую и нагрузочные части в единый пропульсивный комплекс «ПТУ—ГЭУ». Задающими элементами в этом комплексе являются корпус судна и гребной винт, потребляемая нагрузка которых через систему электродвижения передается главной турбине. Так как при взаимодействии корпуса и винта эта нагрузка изменяется по винтовой характеристике, имеющей вид кубической параболы, то и алгоритмическая функция управления мощностью турбины должна подчиняться этой характеристике, что и подтверждается характером изменения ее нагрузочной характеристики (см. рис. 2). Тепловая же нагрузка КУ изменяется по квадратичной параболе (см. рис. 3), соответствующей винтовой характеристике крутящего момента.

Каждый элемент в этом комплексе структурно подчинен друг другу и на своем иерархическом уровне решает общую задачу в алгоритме управления судном — поддерживает мощность на винте N_p, необходимую для преодоления сопротивления R движению судна:

$$N_p,\ R = f(G_п,\ M_т,\ M_{гэд},\ P_e),$$

где $G_п$ — паропроизводительность РУ; $M_т$, $M_{гэд}$ — крутящий момент турбины и гребного электродвигателя; P_e — полезная тяга винта.

Этот алгоритм связывает воедино параметры и характеристики РУ, ПТУ и ГЭУ. Следовательно, температурный режим работы КУ как элемента, входящего в состав ПТУ, так-

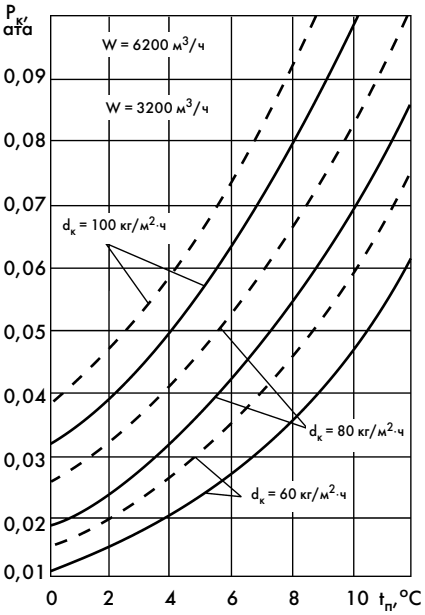


Рис. 3. **Характеристика конденсатора паротурбинной установки атомного ледокола типа «Россия»:**
$d_к$ — паровая нагрузка конденсатора;
W — расход забортной воды

же функционально связан с сопротивлением корпуса судна, но не непосредственно, а через расход пара на главную турбину, т. е. через расход забортной воды W, необходимой для конденсации отработавшего пара: $G_п = (M_т, W, N_p, R)$. Значит, алгоритм управления КУ должен разрабатываться с учетом подчинения расхода холодной воды количеству отработанного пара по квадратичной зависимости (см. рис. 3). Исходя из этого и габариты водозаборного устройства должны рассчитываться с учетом этой зависимости.

Задавая новый режим работы ГЭУ, судоводитель выводит динамическую систему «винт — гребной электродвигатель» из равновесия, одновременно изменяя нагрузку ПТУ и температурный режим КУ, который перестраивается на другие параметры. Сущностью этой перестройки является сохранение теплового баланса горячего и холодного источников в ГК и поддержание заданного алгоритма управления ГЭУ. Если система управления циркуляционным насосом не обеспечивает поддержание этого баланса по причине недостатка охлаждающей воды, алгоритм управления ПТУ перестает соответствовать алгоритму управления судном и срабатывает сигнал аварийной защиты по давлению в ГК.

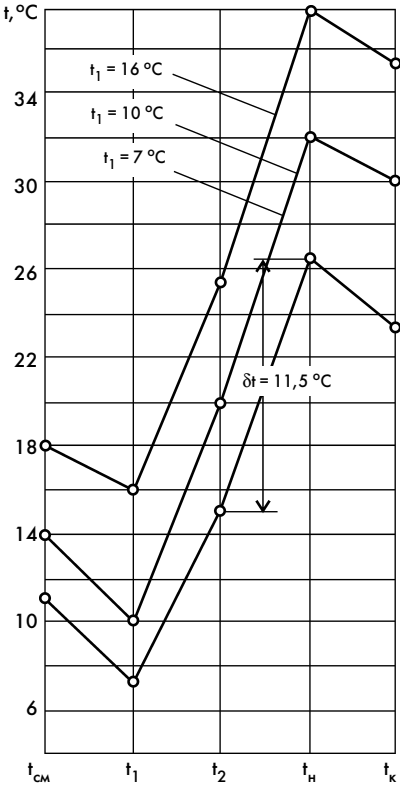


Рис. 4. **Зависимость температурного режима конденсатора паротурбинной установки атомного ледокола типа «Россия»:** $t_н$ — температура насыщения пара; $t_к$ — температура конденсата; $t_{см}$ — температура паровоздушной смеси, удаляемой из конденсатора; t_1 — температура забортной воды

Давление конденсации отработавшего пара в ГК $p_к$ может изменяться не только в зависимости от параметров $G_п$, δt, Δt, W, но и от давления $p_{гэ}$ в камере отсоса главного эжектора, относительного содержания воздуха в паровоздушной смеси, которые зависят от исправности эжектора и воздушной плотности ГК. Однако динамика изменения этих параметров не оказывает такого значительного влияния на температурный режим КУ, как изменение параметров δt, Δt, W. Связь давления в конденсатора $p_к$ от изменения теплоперепада в турбине и количества прокачиваемой через ГК забортной воды при разной температуре показана на рис. 4, также построенным экспериментально. Эта характеристика, наряду с характеристикой, приведенной на рис. 3, должна строиться в период приемосдаточных испытаний судна и входить в отчетную документацию проектанта. Наличие данных характеристик оказало бы неоценимую помощь вахтенной службе в центральном посту управления в качестве информационной поддержки при контроле за режимом работы КУ.

Обычно контроль за работой КУ осуществляют по температуре охлаждающей воды t_2 на выходе из конденсатора, которая одновременно характеризует состояние циркуляционной трассы, степень загрязнения конденсатора, работу циркуляционного насоса. Однако такой контроль является косвенным и не расшифровывает влияние на этот параметр многих других факторов, связанных с геометрией водозаборного устройства и скоростью замещающих объемов воды в нем при обмерзании ледовых ящиков.

Изменение температуры $t_п$ и давления $p_к$ конденсации отработавшего пара в конденсаторе можно было бы контролировать по температурному напору δt на выходе из ГК:

$$\delta t = t_п - t_2 . \qquad (5)$$

Однако такой контроль не используется, так как, согласно опытным данным, колебание δt находится в пределах 10% и вызывается как изменением нагрузки главного турбоагрегата, так и температуры охлаждающей воды.

Температура конденсата в конденсатосборнике $t_к$ также относится к основным параметрам КУ, влияющим на термический КПД паротурбинной установки. Как правило, она ниже температуры конденсации отработавшего пара на величину переохлаждения конденсата, принимаемую равной 1,5—2 °С. По изменению величины $t_к$ косвенно можно судить о нарушении температурного режима КУ, так как существует тесная зависимость этого параметра от изменения температур отработавшего пара и охлаждающей воды (рис. 5).

Выводы. 1. Работа ледоколов во льдах, на которую первоначально рассчитывалось оборудование ПТУ, фактически оказалась более напряженной из-за тяжелых ледовых условий и недостатка забортной воды в ледовых ящиках, подвергающихся забиванию взломанным льдом и внутреннему обмерзанию в зимний период, несмотря на наличие системы рециркуляции нагретой в ГК охлаждающей воды. Недостаток мощности на гребных винтах и частое реверсирование ГЭУ приводят к ускоренному изнашиванию главных

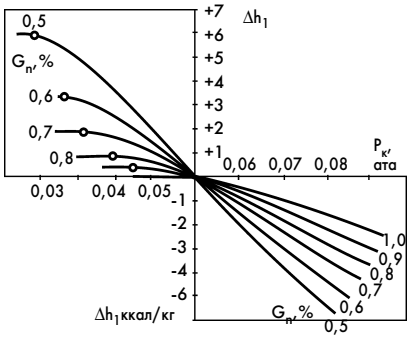


Рис. 5. **Изменение внутреннего перепада тепла Δh_i в турбине в зависимости от давления в конденсаторе $p_к$ при различных расходах пара $G_п$ (нагрузки турбины) и частоте вращения турбины 3500 об/мин**

турбоагрегатов и оборудования ПТУ, преждевременной выработке их ресурса. В связи с этим, в судовых АЭУ нового поколения необходимо применение более износо- и коррозионно-стойких материалов, новейших технологий изготовления и обработки деталей оборудования, позволяющих продлить его ресурс в 1,5—2 раза.

2. Выполненная по инициативе экипажей ледоколов модернизация ледовых ящиков (установка λ-образной перегородки, обеспечение воздухоудаления и другие конструктивные изменения) проводилась на основе интуитивных соображений, без соответствующих исследований, и не смогла полностью устранить недостатки водозаборного устройства и решить проблему бесперебойного водоснабжения КУ. В основе этих работ должны лежать серьезные научно-исследовательские проработки, которые не были своевременно выполнены.

3. Существующий в настоящее время алгоритм управления температурным режимом КУ не учитывает всех условий и особенностей работы ледовых ящиков и междудонных перетоков в различное время года эксплуатации ледоколов и может быть разработан только на основе многофакторного анализа всех причин, влияющих на изменение материального и теплового балансов и скоростей замещающих потоков воды как в ледовом ящике, так и в ГК и в ПТУ в целом.

Литература

Агафонов В. А., Ермилов В. Г., Панков Е. В. Судовые конденсационные установки. Л.: Судпромгиз, 1963.

Семенов В. А. Тепловой расчет судовых паротурбинных установок. М.: Транспорт, 1965.

ПРИМЕНЕНИЕ ИЗЛУЧАЮЩИХ КОАКСИАЛЬНЫХ КАБЕЛЕЙ ДЛЯ КОНТРОЛЯ АНТЕНН В ВОЗДУШНОЙ И ПРОВОДЯЩИХ СРЕДАХ

В. Г. Марков, А. В. Лозовой (ФГУП ЦНИИ «Электроприбор»)

УДК 621.315.212

Излучающие коаксиальные кабели (ИКК) используются для обеспечения бесконтактной связи с абонентами, например, находящимися в различных отсеках корабля [1], шахтах, тоннелях [2], а также для контроля излучателей антенных систем, расположенных как в воздушной, так и в проводящей среде (морской воде, почве).

Наибольший выигрыш при использовании ИКК получается при необходимости контроля большого числа антенн, так как в этом случае система контроля может быть построена только на одном кабеле, в отличие от традиционных систем, в которых для каждой из контролируемых антенн используется отдельный контрольный излучатель со своим питающим кабелем.

При использовании ИКК в качестве контрольного излучателя (рис. 1) его располагают таким образом, чтобы излучающие отверстия или щели во внешнем проводнике ИКК находились в непосредственной близости от контролируемых антенн и в то же время ИКК не оказывал влияния на их характеристики.

В проводящих средах в связи с большим затуханием электромагнитных полей (ЭМП) добиться наименьшего влияния ИКК на характеристики излучения антенн несложно. В воздушной среде для этой цели может быть использована система выведения ИКК из зоны влияния после проведения контрольных измерений.

Рассмотрим более подробно особенности построения и работы ИКК.

Излучающий коаксиальный кабель (рис. 2, *а*) состоит из внутреннего проводника *1*, слоя изоляции *2* вокруг него, внешнего проводника *3* с отверстиями *4* и защитной диэлектрической оболочки *5*.

С целью повышения уровня излучения ЭМП из отверстий и обеспечения постоянства волнового сопротивления ИКК предлагается вводить в его внутреннюю структуру радиальные проводящие вставки *6*, которые ввинчиваются во внутренний проводник ИКК[1].

Такой ИКК работает следующим образом. Высокочастотная электромагнитная волна распространяется в ИКК между внутренним *1* и внешним *3* проводниками. Отверстия *4* во внешнем проводнике *3* представляют собой неоднородности индуктивного характера, включенные в электрическую схему кабеля последовательно. В районах этих неоднородностей структура поля в кабеле искажается. Часть электромагнитной энергии излучается из отверстий *4* во внешнее пространство, а часть отражается к контрольному генератору. Чем больше размеры отверстий и чем чаще они расположены, тем больше энергии излучается, но тем больше уровень и количество отраженных волн. При распространении навстречу основной волне отраженные волны излучаются из отверстий *4* и нарушают равномерность внешнего поля излучения прямой волны. Поскольку введенные проводящие радиальные вставки *6* представляют собой неоднородности емкостного характера, включенные в эквивалентную электрическую схему кабеля параллельно, то при соответствующем выборе значения емкости $C_э$ можно скомпенсировать неоднородность отверстий и практически исключить появление отраженных волн и, следовательно, снизить коэффициент стоячей волны.

Кроме того, как было отмечено выше, введение проводящих вставок позволяет повысить излучение кабеля, так как высокочастотный ток, протекая по поверхности проводящей вставки, приближается к отверстию, увеличивая в его районе напряженность поля. Расположение проводящих вставок между внутренним и внешним проводниками, соосно с отверстиями, позволяет наиболее эффективно скомпенсировать неоднородности, вносимые отверстиями.

При настройке ИКК на минимум отражений регулируют высоту проводящих вставок над поверхностью центрального проводника, добиваясь по возможности полной компенсации выбросов от неоднородностей в виде отверстий на рефлектограмме. После настройки ИКК полости над проводящими вставками заполняются диэлектриком, аналогичным входящему в диэлектрический

[1]Патент 2181518 РФ. Излучающий коаксиальный кабель/В. Г. Марков.

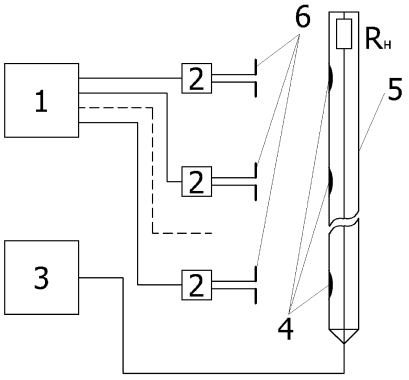


Рис. 1. **Схема построения антенной системы с использованием ИКК в качестве контрольного излучателя:**
1 — передатчик/приемник; *2* — согласующее устройство/предварительный усилитель; *3* — генератор контрольного сигнала; *4* — излучающие отверстия во внешнем проводнике коаксиального кабеля; *5* — излучающий коаксиальный кабель; *6* — антенна

слой *2*, затем герметизируются отверстия *4* во внешнем проводнике *3*.

На основе рассмотренного ИКК могут быть построены эффективные устройства для контроля антенн как электрического, так и магнитного типа, работающие в воздушной среде.

При использовании этого ИКК для контроля антенн, расположенных в проводящей среде, могут выявиться некоторые недостатки подобных конструкций. Дело в том, что ЭМП, излучаемые из отверстий внешнего проводника, возбуждают электромагнитные волны, которые могут распространяться в коаксиальном канале, образованном внешним проводником кабеля, диэлектрической оболочкой и проводящей средой. В том случае, если процесс возбуждения электромагнитных волн в образованном канале оказывается достаточно эффективным, например, при довольно толстой диэлектрической оболочке ИКК и высокой проводимости среды, эти волны, распространяясь в коаксиальном канале, накладываются друг на друга, образуя сложную картину поля с пучностями, не всегда совпадающими с координатами отверстий. При изменении частоты контрольного сигнала распределение результирующего поля в образованном коаксиальном канале и в окружающей проводящей среде, где расположены контролируемые антенны, также изменяется.

Это приводит к тому, что сигналы даже от однотипных антенн оказываются различными, причем при изменении частоты контрольного сигнала разным становится и характер изменения сигналов от каждой из антенн. Эти причины могут привести к неоднозначности оценки результатов контроля, снизить точность и достоверность измерений.

Для применения ИКК в проводящей среде во внешнюю структуру кабеля вводятся электроды *7*, электрически соединяющие внешний проводник кабеля с проводящей средой, охватывающие внешний проводник и расположенные равноудаленно между отверстиями *1* (рис. 2, *б*)[1]. При этом закорачивается образованный внешний коаксиальный канал распространения электромагнитных волн, что исключает возможность наложения друг на друга излученных из отверстий волн и появления стоячих волн в образованном коаксиальном канале, и сохраняется расположение максимумов излучения над поверхностью отверстий.

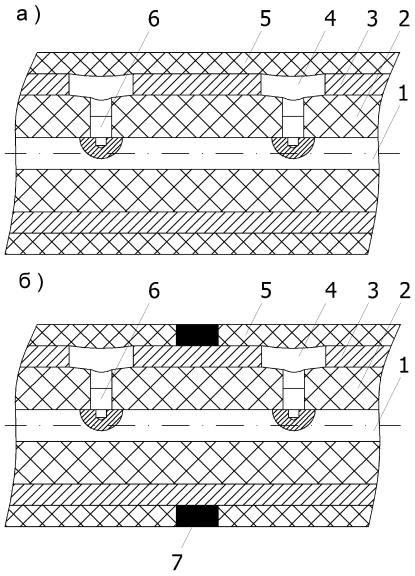


Рис. 2. **Продольный разрез участка ИКК для применения в воздушной (а) и проводящей (б) среде:**
1 — внутренний проводник; *2* — слой изоляции; *3* — внешний проводник; *4* — отверстия; *5* — диэлектрическая оболочка; *6* — радиальные проводящие вставки; *7* — электроды

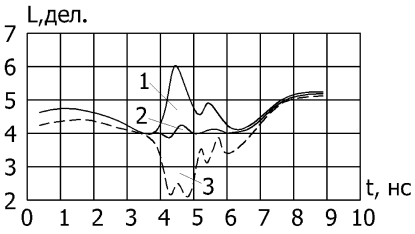


Рис.3. **Рефлектограммы отраженных импульсов:**
1 — импульс, отраженный от отверстия образца ИКК; *2* — импульс, отраженный от остаточной неоднородности в ИКК после введения проводящей вставки; *3* — импульс, отраженный от проводящей вставки

При длине электродов, сравнимой с величиной скин-слоя проводящей среды, на нижней частоте диапазона контроля удается разделить участки излучения электромагнитной энергии в проводящую среду и тем самым практически исключить наложение излучений в проводящей среде над отверстиями, где расположены контролируемые антенны, от различных участков коаксиального канала.

Экспериментальная проверка предложенных вариантов построения ИКК проведена на специально изготовленных образцах кабеля со следующими параметрами: диаметры внутреннего и внешнего проводников 8 и 26 мм соответственно, материал внутреннего диэлектрического слоя и оболочки кабеля — полиэтилен, диаметры отверстий во внешнем проводнике 14 мм.

Проводящие радиальные вставки выполнялись в виде медных цилиндров диаметром 5 мм и высотой 6 мм. Они имели удлинение в виде винта и вкручивались в центральный проводник в предварительно выполненное резьбовое отверстие. Образец ИКК № 1 для применения в воздушной среде имел одно излучающее отверстие и одну проводящую вставку.

Сначала измеряли уровень отражений от неоднородности в виде отверстия в первом образце ИКК. Затем в него вводили проводящую вставку. Изменяя высоту вставки на поверхности центрального проводника, ИКК настраивали на минимум отражений. Для большей наглядности процесса компенсации неодно-

[1]Марков В. Г. Излучающий коаксиальный кабель для контроля антенн в проводящих средах. Заявка на выдачу патента на изобретение № 2002133990 от 17.12.2002 г. Решение о выдаче патента на изобретение от 21.01.2004 г.

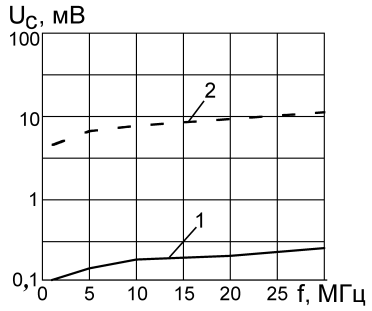


Рис. 4. **Уровни излучения из отверстия образца ИКК № 1 без проводящей вставки *1* и с проводящей вставкой *2***

родности на следующем этапе измерений отверстие во внешнем проводнике закрывали проводящей накладкой и измеряли коэффициент отражения от такой неоднородности (рис. 3). Далее на этом образце ИКК измерялся уровень излучения из отверстия (рис. 4).

Как следует из рис. 3, 4, введение проводящей вставки во внутреннюю структуру ИКК позволило примерно в 10 раз снизить уровень отражений от неоднородности в виде отверстия во внешнем проводнике и в 50 раз повысить уровень излучения.

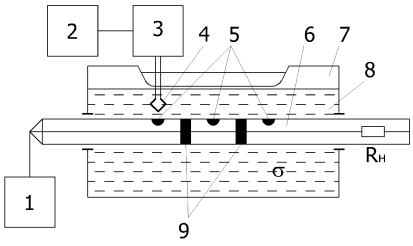


Рис. 5 **Схема экспериментальной проверки образца ИКК №2 в проводящей среде:**
1 — генератор контрольного сигнала; *2* — приемник (селективный микровольтметр SMW-11); *3* — предварительный усилитель; *4* — рамочная антенна; *5* — излучающие отверстия во внешнем проводнике; *6* — излучающий коаксиальный кабель; *7* — диэлектрический бак; *8* — соляной раствор (σ = 3 См/м); *9* — электроды

Далее экспериментально проверялась степень влияния электродов на внешнее ЭМП кабеля в проводящей среде. Для этого был изготовлен образец ИКК № 2, который имел три отверстия диаметром 14 мм, расположенные на расстоянии 100 мм друг от друга.

Измерения проводились согласно схеме, представленной на рис. 5, в диэлектрическом баке цилиндрической формы длиной 0,5 м и диаметром 0,5 м, заполненном проводящей средой в виде соляного раствора с проводимостью σ, равной 3 См/м.

В качестве измерительной антенны использовалась прямоугольная пятивитковая рамочная антенна с площадью витка 150 мм^2, покрытая слоем диэлектрика.

Распределение ЭМП вдоль ИКК в проводящей среде измерялось для образца ИКК № 2 до и после введения двух кольцевых электродов длиной 20 мм, располагаемых между излучающими отверстиями. Центры отверстий ИКК находились в точках с координатами 20, 30, 40 см.

Как следует из рис. 6, и в воздушной, и в проводящей среде основная энергия поля сосредотачивается в районе отверстий ИКК. Максимумы излучений расположены над центрами отверстий. Ширина лепестков излучения превышает диаметр отверстий не более чем в 4—5 раз.

В низкочастотной части диапазона измерений (менее 500 кГц) введение электродов практически не сказывается на распределении внешнего поля ИКК. В высокочастотной части диапазона измерений (более 2—3 МГц) влияние электродов становится заметным и выражается в снижении уровней минимумов излучений и приближении их к уровням минимумов, наблюдаемым в воздушной среде. Из эксперимента также следует, что ИКК с достаточно тонкой внешней диэлектрической оболочкой (в исследуемых образцах 3 мм) и при среднем значении проводимости среды описанные выше процессы возбуждения электромагнитных волн во внешнем коаксиальном канале ИКК с электродами выявляются только на высоких частотах и не оказывают существенного влияния на формирование внешнего ЭМП ИКК.

Выводы. 1. Излучающие коаксиальные кабели с отверстиями во внешнем проводнике и компенсирующими проводящими вставками могут успешно применяться как для обеспечения бесконтактной связи с абонентами, находящимися в различных отсеках корабля, шахтах и тоннелях, так и для контроля антенн в воздушной и проводящей среде.

2. Введение электродов в ИКК, предназначенных для работы в морской воде, несколько улучшает характеристики поля излучения на высоких частотах, но не оказывает определяющего влияния на распределение внешнего ЭМП.

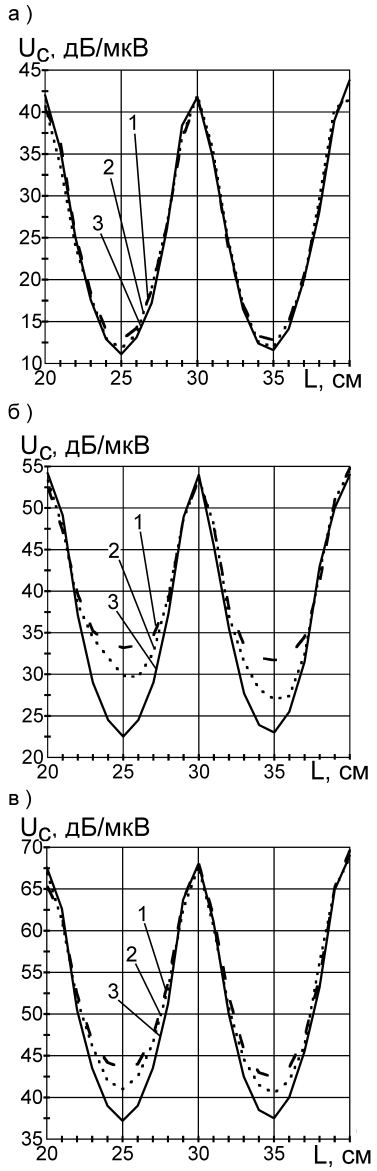


Рис. 6. **Распределение магнитной составляющей поля образца ИКК № 2 при частоте излучения равной 500 кГц (*а*), 2 МГц (*б*) и 8 МГц (*в*):**
1 — в проводящей среде без электродов; *2* — в проводящей среде с электродами; *3* — в воздушной среде

Литература

1. *Катанович А. А., Черенков А. В.* Принципы построения системы аварийной внутрикорабельной радиосвязи//Судостроение. 2002. № 6.

2. De Keyser Raphael, Deryck Louls-Hyllin Heuri//Ann. nines Bely. 1984. N 5—6. P. 199—206.

СПОСОБ СНИЖЕНИЯ ПАРАЗИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КОРАБЕЛЬНЫХ РАДИОПЕРЕДАТЧИКОВ

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

УДК 621.375:629.5

В настоящее время сохраняется тенденция все большего насыщения кораблей радиоэлектронной аппаратурой различного назначения. Поэтому весьма актуально решение проблемы электромагнитной совместимости всей этой аппаратуры. Это касается и снижения уровня паразитного излучения корабельных радиопередатчиков.

Уровень излучения на гармониках у современных транзисторных широкополосных радиопередатчиков в основном зависит от формы усиливаемого сигнала [1] и степени ослабления его селективными цепями на выходе усилителя мощности. Рассмотрим способ снижения уровня паразитного излучения на высших гармониках (второй и более) за счет изменения формы усиливаемого сигнала.

Известно, что мощность высших гармоник P_h может быть определена соотношением [2]

$$P_h = P_a - P_1 - P_0 , \qquad (1)$$

где P_a — средняя мощность периодической последовательности импульсов; P_1 — мощность первой гармоники; P_0 — мощность постоянной составляющей.

Величины P_a, P_1, P_0 легко определяются по известным методикам, например [3]. Мощность P_h может характеризоваться коэффициентом α_h:

$$P_h = 0{,}5\ \alpha_h^2\ I_m^2\ R , \qquad (2)$$

где I_m — амплитуда импульса; R — резистор нагрузки.

В настоящее время в подавляющем большинстве корабельных радиопередатчиков усиливаемый сигнал имеет вид последовательности импульсов косинусоидальной формы, ограниченных снизу на уровне, близком к 90°. Исследования показали, что если такой сигнал начать ограничивать сверху, приближая его к сигналу прямоугольной формы, то с изменением формы сигнала меняются и коэффициенты гармоник для постоянной составляющей α_0, первой гармоники α_1 [4], а также для высших гармоник α_h. Их значения, при указанных выше ограничениях, рассчитываются по формулам, полученным с помощью рядов Фурье и соотношения (2)

$$\alpha_0 = \frac{1}{\pi}\left(\frac{1-\sin\theta_0}{\cos\theta_0} + \theta_0\right);$$

$$\alpha_1 = \frac{2}{\pi}\left(\frac{\pi}{4\cos\theta_0} - \frac{\theta_0}{2\cos\theta_0} + \frac{\sin\theta_0}{2}\right);$$

$$\alpha_h = \sqrt{\frac{\pi - 2\theta_0}{2\pi\cos^2\theta_0} + \frac{2\theta_0 - \mathrm{tg}\theta_0}{2\cos\theta_0} - \alpha_1^2 - 2\alpha_0^2}\,.$$

При этом оказалось, что при угле отсечки сверху, близком к 60°, отношение α_1^2/α_h^2, характеризующее отношение мощностей первой гармоники к суммарной мощности высших гармоник, достигает своего максимального значения, равного 6,18, в то время как при $\theta_0 = 0$ (традиционный режим) это отношение составляет 5,26.Отсюда следует, что при условии равенства мощностей первых гармоник суммарная мощность паразитного излучения высших гармоник может быть снижена на 15% относительно традиционного режима усиления. Следует отметить, что коэффициент первой гармоники в рассматриваемом случае превышает значение этого коэффициента для косинусоидальных импульсов в 1,22 раза. При равной амплитуде сигналов это соответствует увеличению мощности полезного сигнала в 1,48 раза. КПД широкополосного усилителя при усилении сигнала традиционной формы и коэффициенте насыщения [5], равном 0,1, что близко к практике, равен 59%. В рассмотренном режиме усиления КПД=71%.

Таким образом, очевидна целесообразность рассмотрения сигнала, представляющего собой плоский импульс с углом верхней отсечки 60°, как перспективного с точки зрения использования его в широкополосных корабельных радиопередатчиках, позволяющего улучшить их характеристики по электромагнитной совместимости и энергетической эффективности.

Литература

1. *Харкевич А. А.* Спектры и анализ. М.: ГИТТЛ, 1957.
2. *Муравченко В. Л.* Использование плоского импульса в широкополосных усилителях мощности//Радиотехника. 2003. №4.
3. *Путрайм Э. К.* и др. Судовые радиопередающие устройства. М.: Транспорт, 1985.
4. *Дробов С. А., Бычков С. И.* Радиопередающие устройства. М.: Сов. радио, 1969.
5. *Каганов В. И.* Транзисторные радиопередатчики. М.: Энергия, 1976.

КОНФЕРЕНЦИЯ К 300-ЛЕТИЮ «АДМИРАЛТЕЙСКИХ ВЕРФЕЙ»

9—10 сентября 2004 г. в Санкт-Петербурге, в гостинице «Прибалтийская», запланировано проведение научно-практической конференции, посвященной 300-летнему юбилею ФГУП «Адмиралтейские верфи», на тему: «Роль и значение "Адмиралтейских верфей" в научно-техническом развитии российского и мирового судостроения».

Работа конференции будет проходить в восьми секциях: основные этапы 300-летней истории предприятия; строительство подводных лодок, глубоководные аппараты; строительство надводных кораблей и судов; информационные технологии проектирования и подготовки производства; развитие судового машиностроения; передовые технологии управления предприятием; система подготовки кадров; развитие социальной политики предприятия.

Редакция журнала «Судостроение» к юбилею «Адмиралтейских верфей», заложенных 5 ноября 1704 г. Петром I, выпустит специальный номер (№ 5, 2004 г.), целиком посвященный прошлому, настоящему и будущему этого прославленного предприятия.

ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ СТРУКТУРНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ В СУДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

М. Ю. Кузютина, В. М. Конопацкий

УДК 658.5.001.73

С началом экономической реформы 1992 г., направленной на формирование в России частной собственности и переход к рыночным отношениям, в судостроительной промышленности стали осуществляться структурные и институциональные преобразования. В результате акционирования и приватизации государственных предприятий, а также их реорганизации путем слияния, ликвидации, передачи в регионы и другими способами общее количество предприятий отрасли сократилось с 213 в 1992 г. до 170 в 1999 г.

Вместе с тем проведенные в этот период в рамках реструктуризации судостроительной промышленности мероприятия не позволили оптимизировать структуру отрасли, а также обеспечить эффективную работу сохранившихся в ней предприятий. На большинстве из них уровень использования производственных мощностей оставался низким либо они вообще оказались практически неиспользуемыми. Кроме того, основное технологическое оборудование предприятий, как правило, устарело морально и физически. В результате удельная трудоемкость производства на российских судостроительных предприятиях стала в несколько раз выше, чем за рубежом, а продолжительность постройки кораблей и судов увеличилась в 2—2,5 раза. Цены на корабли и суда удавалось удерживать на мировом уровне только за счет низкой заработной платы (в 10—20 раз ниже, чем на верфях конкурирующих государств). Конкурентоспособность средств производства российского судостроения резко упала.

К основным причинам такого состояния отрасли можно отнести следующее: отсутствие четкой стратегии реструктуризации судостроительной промышленности, неувязка проводимых в ходе реформирования отрасли мероприятий ни с программой вооружения, ни с реальными возможностями государства по финансированию работ по выполнению гособоронзаказа, сложное экономическое положение государства, нестабильность системы управления отраслью.

В сложившихся условиях сохранение основных производственных мощностей судостроительной промышленности приобрело особую актуальность. Исходя из анализа состояния и уровня развития предприятий судостроения стало ясно, что для решения этой задачи необходимо подготовить и провести ряд мероприятий организационно-институциального и производственно-технологического характера, направленных на структурное преобразование отрасли.

Опыт развития мирового судостроения показывает, что крупные объединения предприятий намного эффективней мелких и средних компаний и по производительности труда, и рентабельности, и темпам роста производства.

Интеграция производств в крупные структуры позволяет получить экономический эффект благодаря действию комплекса факторов: концентрации ресурсов на важнейших направлениях расширенного воспроизводства; большим возможностям по отстаиванию своих интересов как на внутреннем, так и на зарубежных рынках; улучшению качества менеджмента (управленческих технологий и кадрового состава) на каждом предприятии объединения.

Практика функционирования крупнейших мировых концернов показала, что основные цели создания интегрированных структур состоят в следующем[1]:

завоевании олиго- или монопольного положения на своем сегменте рынка или в упрочении достигнутого положения;

обеспечении конкурентоспособности и финансовой устойчивости новообразования;

повышении уровня инвестиционной активности за счет консолидации ресурсного, прежде всего финансового, потенциала, позволяющей осуществлять более гибкую инвестиционную стратегию, в экономии на закупках сырья, материалов и комплектующих, укреплении и развитии кадрового, научно-технического и технологического потенциала;

укреплении производственно-хозяйственных и научно-конструкторских связей между отдельными предприятиями при объединении их в единый комплекс;

достижении оптимального сочетания современных производственных мощностей и передовой базы исследований и разработок;

ускорении технологического развития путем более масштабного использования

[1] Бендиков М. А., Фролов И. Э. Тенденции и роль интеграционных процессов в промышленности России//Менеджмент в России и за рубежом. 2002. № 4.

процессных, продуктовых и организационно-управленческих инноваций;

оптимальном удлинении и увеличении многообразия технологических цепочек, позволяющих наращивать прибавочную стоимость конечного продукта, в том числе путем роста его наукоемкости;

оптимальной диверсификации видов деятельности и производства по критериям производственной и экономической целесообразности;

разделении производственных, снабженческих и сбытовых функций между участниками объединения;

увеличении возможностей управления себестоимостью производства, в том числе за счет минимизации внутренних издержек путем их нормирования, избавления от рыночного механизма ценообразования на внутренних технологических переделах (трансакциях) и внутренней конкуренции;

максимизации совокупного корпоративного дохода и улучшении состояния каждого участника холдинга;

повышении степени управляемости отдельными предприятиями в системе корпоративного управления.

При этом организационная оптимизация производств, увеличение доли эффективно управляемых предприятий способствуют росту производств и, соответственно, росту инвестиционных вливаний в развитие интегрированной структуры. Таким образом, процесс интеграции предприятий можно рассматривать как основной рычаг повышения эффективности производства.

С учетом этого основным направлением реформирования судостроительной отрасли становится создание интегрированных структур путем проведения консолидации предприятий. Предусматривается объединение в концерны (холдинги) предприятий, которые обладают всем необходимым для обеспечения производства требуемого уровня и номенклатуры продукции соответствующего класса на современном научно-техническом уровне: производственно-технологической базой, развитой инфраструктурой, сложившейся кооперацией. В результате интеграции должны быть оптимизированы структура и состав основных производственных фондов предприятий, что приведет к повышению эффективности производства, снижению затрат, обновлению продукции.

Создание интегрированных структур позволит решить следующие основные задачи:

осуществить концентрацию государственного оборонного заказа на минимально необходимом и четко обоснованном числе предприятий (в настоящее время организационно разобщенных) с целью исключения дублирования работ в научно-производственной сфере, повышения управляемости и ответственности предприятий за качество и сроки выполнения НИОКР и поставляемой продукции;

исключить дублирование (непродуктивную внутреннюю конкуренцию) в сфере военно-технического сотрудничества с целью значительного снижения государственных затрат и развития экспортного потенциала;

объединить и усилить научно-промышленный потенциал с целью обеспечения финансово-экономической устойчивости в области разработки и серийного производства перспективной техники при одном головном исполнителе, сдающем работы «под ключ» и отвечающем за весь жизненный цикл изделий.

Реструктуризация отрасли осуществляется в соответствии с утвержденной Правительством Российской Федерации федеральной целевой программой «Реформирование и развитие оборонно-промышленного комплекса на 2002—2006 годы», которой предусмотрено создание в отрасли 13 интегрированных структур, объединяющих несколько десятков предприятий.

В 2003 — 2004 гг. руководством страны подписаны директивные документы по созданию в судостроительной промышленности четырех интегрированных структур: ОАО «Концерн "Гранит—Электрон"», ОАО «Концерн "Моринформсистема — Агат"», ОАО «Концерн "Морское подводное оружие — Гидроприбор"» и ОАО «Концерн "Океанприбор"». В настоящее время осуществляется приватизация входящих в их состав предприятий и проводятся подготовительные мероприятия по формированию данных концернов.

Работа по созданию остальных интегрированных структур продолжается.

Результатом реструктуризации отрасли должно стать построение современного, отвечающего потребностям государства и общества, комплекса судостроительных предприятий.

БЛИЦ-НОВОСТИ

✓ Первый десантный КВП типа «Мурена-Э» в серии из 3 ед. заложен в апреле в эллинге ФГУП «Хабаровский судостроительный завод» для ВМС Южной Кореи.

✓ Подъем затонувшей 30 августа 2003 г. во время буксировки для утилизации АПЛ К-159 планируется осуществить летом 2005 г. Для этого намечено переоборудование одного из судов Северного флота для обеспечения работы водолазов, дооборудование спасательного судна, закупка судоподъемных средств и механизмов.

✓ 5 апреля ОАО «Выборгский судостроительный завод» передало норвежской верфи Aker Langsten AS партию изготовленных корпусных конструкций (с насыщением) для строящегося судна снабжения UT-745.

✓ 12 апреля в ОАО «Астраханский корабел» состоялся спуск на воду баржи-площадки грузоподъемностью 3600 т (пр. 03060 — ОАО КБ «Вымпел») — первой из двух, построенной для ЗАО «Национальная морская судоходная компания "Казмортрансфлот"» (Казахстан).

✓ 15 апреля на хорватской верфи «Бродосплит» состоялась церемония крещения танкера «Sakhalin Island» дедвейтом 108 000 т класса «Афрамакс», построенного для ОАО «Приморское морское пароходство».

✓ 21 апреля в ОАО «Петропавловская судоверфь» завершена постройка малого рыболовного сейнера «Скедия» для предприятия «Форт Вид». Это первое судно, построенное за последние годы в Петропавловске-Камчатском.

✓ ОАО «Судоремонтный комплекс — Приморский завод» отремонтировало 98 судов в 2003 г., из них прошли докование — 67. Объем валовой продукции в сметных часах составил 1775,6 тыс. ч, в денежном выражении — 130,8 млн руб. Численность работников — 524 чел., средняя зарплата в 2003 г. — 8500 руб.

✓ 27 апреля судостроители ОАО «Северная верфь» спустили на воду первый из двух эсминцев пр. 659 ЭМ, строящихся для военных моряков КНР.

✓ ОАО «Югтранзитсервис», созданное в 1997 г. на базе Таганрогского СРЗ и занимающееся экспортом зерна, планирует создать собственную судоходную компанию для осуществления перевозок зерна на сухогрузах смешанного «река—море» плавания.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ СОЗДАНИИ ГИБОЧНО-ПРАВИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

И. В. Ковалев, С. А. Матвеев, канд. техн. наук, **О. С. Куклин,** докт. техн. наук (ФГУП ЦНИИТС)

УДК 881.322:621.981.216.001.6

Одним из важнейших направлений совершенствования технологии формообразования листовых деталей корпусов судов, вагонов, машин и других инженерных сооружений является применение технологии и оборудования, основанных на принципах минисилового ротационно-локального деформирования[1]. Как показал опыт промышленного использования гибочно-правильных станков усилием 250 кН, данная технология обеспечивает качественно новый уровень ресурсосбережения за счет снижения энергоемкости и металлоемкости производства, исключения применения штамповой и контрольной оснастки. Опыт работ ЦНИИТС по созданию процессов минисилового бесштампового ротационно-локального деформирования и научно-технический задел по созданию опытных образцов оборудования на этих принципах[2] позволили перейти к оснащению корпусообрабатывающих цехов предприятий новым видом оборудования — автоматизированными гибочно-правильными машинами (АГПМ) и многофункциональными гибочно-правильными станками (МГПС).

В настоящее время в ЦНИИТС продолжается разработка и производство АГПМ и МГПС (рис. 1—3). При создании нового поколения такого оборудования встречаются определенные трудности. Это многофакторность технологического процесса данного способа формообразования; достаточно строгие требования к жесткости конструкции и, одновременно, необходимость в достижении оптимального соотношения между прочностными и массовыми характеристиками; многовариантность решений по конфигурации оборудования; сложность с определением критических мест конструкции и в связи с этим завышение металлоемкости.

Использование наряду с трехмерными CAD-системами программ инженерного анализа позволяет значительно ускорить процесс создания оборудования на всех этапах, начиная от определения силовых показателей процесса гибки до выпуска рабочей конструкторской документации (РКД) и испытаний.

Специалистами ЦНИИТС разрабатывается методика компьютерного моделирования при проектировании уникального оборудования [1], охватывающая все этапы проектирования — от выдачи технического задания до проверочных испытаний опытного образца, позволяющая связать в одно целое возможности CAD-систем по формированию и оперативному изменению конструкторской документации и CAE-систем инженерного анализа. Каждый этап создания РКД определяется входными данными, целью и конечными результатами. Соответственно, для наибольшей эффективности использования CAE-систем необходимо определить очередность и способы их применения, ориентируясь на возможности программных пакетов и целесообразность моделирования для каждого этапа и всего процесса в целом.

Рассмотрим возможность использования основных элементов данной методики на примере создания гибочно-правильных машин. Отдельные ее элементы уже применялись при проектировании машин МГПС-25М и АГПМ-25, но в наиболее полном объеме работы проводились для МГПС-50К.

Этапы формирования технического задания (ТЗ) и эскизного проектирования оказывают решающее значение на эффективность конструкции и, следовательно, на успех всего процесса создания изделия [2, 3]. Поэтому применение компьютерного моделирования оказывается наиболее эффективным [1].

При разработке ТЗ наряду с параметрами размерного ряда заготовок и изделий большое влияние на формирование первоначальных предположений о возможных вариантах конструкции и ее основных параметрах оказывают: вид силовой схемы и габаритные размеры станка и средств технологического оснащения (СТО), энергосило-

[1] Патент № 2191082 РФ. Способ формообразования гнутых листовых деталей и гибочно-правильная машина для его осуществления.

[2] Патент № 2102170 РФ. Гибочно-правильный станок; патент № 2129929 РФ. Многофункциональная гибочно-правильная машина.

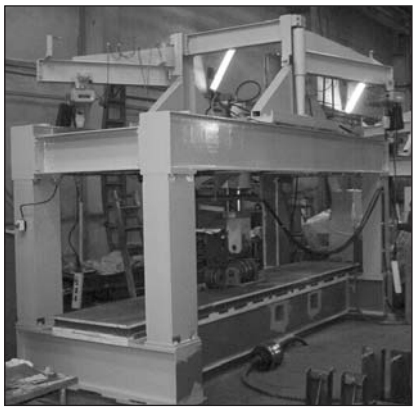


Рис. 1. Станок МГПС-25М

вые и кинематические параметры основных и вспомогательных механизмов. Несомненно, большая часть исследования технологических возможностей реализуемого процесса проводится во время НИОКР, но на этапе формирования ТЗ должны осуществляться работы применительно к конкретному разрабатываемому оборудованию, используемой оснастке и вспомогательному оборудованию, например к определенной системе поддержания заготовки.

Задача расчета процесса деформирования достаточно сложна вследствие физической и геометрической нелинейности и нелинейности из-за задания контактных условий. Как правило, ее решение возможно только численным способом, т. е. методом конечных элементов [4, 5]. Для этого рассматриваются десятки и сотни различных математических моделей с множеством различных параметров, от правильного выбора которых зависит результат решения. Сама гибка конкретных деталей является, даже для опытного гибщика, трудноформализуемым процессом. Поэтому моделирование процесса гибки всей детали нерационально. Моделируются конкретные технологические переходы — прокат по прямой линии или однократное нажатие. Полученные результаты входят в ТЗ на разработку оборудования и служат исходными данными для дальнейших этапов.

При подготовке эскизного проекта конструктор работает в условиях достаточно большой неопределенности, опираясь на данные ТЗ, собственный опыт, материалы ранее разработанных и используемых составных частей и механизмов. Процесс получения наилучшей конструкции или максимальных характеристик при минимальных затратах включает в себя использование аппарата оптимизации [2, 6]. На данном этапе наиболее эффективны структурная и параметрическая оптимизации.

Компьютерное моделирование позволяет существенно повысить эффективность процесса оптимизации за счет сокращения сроков и затрат на ее проведение и значительного увеличения числа рассматриваемых вариантов. Так, на этапе эскизного проектирования МГПС-50К проводились структурная и параметрическая оптимизации, когда рассматривались возможные варианты конструкции и для каждого определялись наилучшие конструктивные параметры. Оперативная связь конструктора, расчетчика и технолога позволила выбрать наилучший проект изделия и заранее определить критические места, на которые необходимо обратить внимание в процессе конструирования и испытаний изделия.

Главная цель рассматриваемого оптимизационного расчета — подготовка исходных данных и рекомендаций для выбора силовой схемы металлоконструкции портала МГПС-50К. Исходные данные для расчета: ТЗ, эскизные проработки и максимальные габаритные размеры, определяющие возможность расположение станка в цехе судостроительного предприятия. Рассматривались три принципиальные схемы: 1) расстояние между колоннами в продольном направлении 13 м и в поперечном — не менее 3 м; между собой колонны соединяются поперечной балкой, к ней крепятся продольные балки (рис. 4, *а*); 2) расстояние между колоннами в поперечном направлении уменьшено до 1,8 м (рис. 4, *б*); 3) колонны находятся под продольными балками, но длина портала увеличена до 18 м (рис. 4, *в*).

Оптимизация геометрических параметров поперечного сечения продольной и поперечной балки портала и колонн МГПС-50К проводилась с целью определения длины продольных балок, наклона колонн, высоты, ширины, толщины стенок и полок, которые удовлетворяют условиям прочности и жесткости и при этом портал имеет минимальную массу. По результатам расчета выбирали профиль (коробчатый или двутавровый) для поперечных балок и колонн.

Из-за большого числа параметров задача оптимизации всей

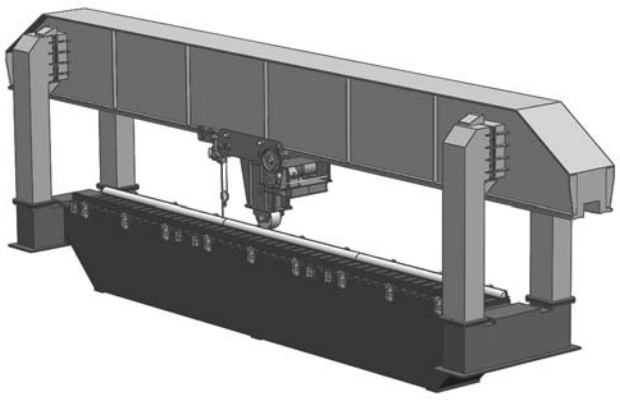


Рис. 2. Твердотельная модель разрабатываемого станка МГПС-50 усилием 500 кН

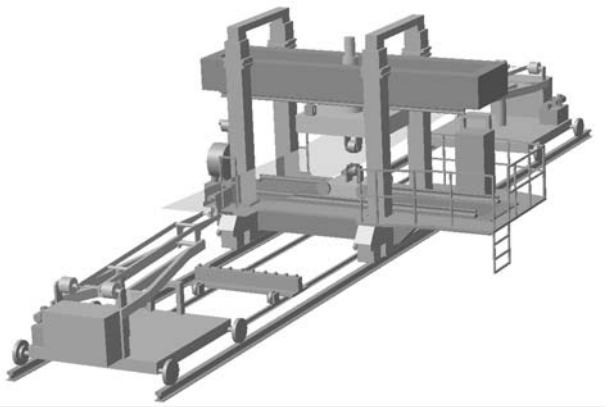


Рис. 3. Твердотельная модель разрабатываемой автоматизированной гибочно-правильной машины АГПМ-25

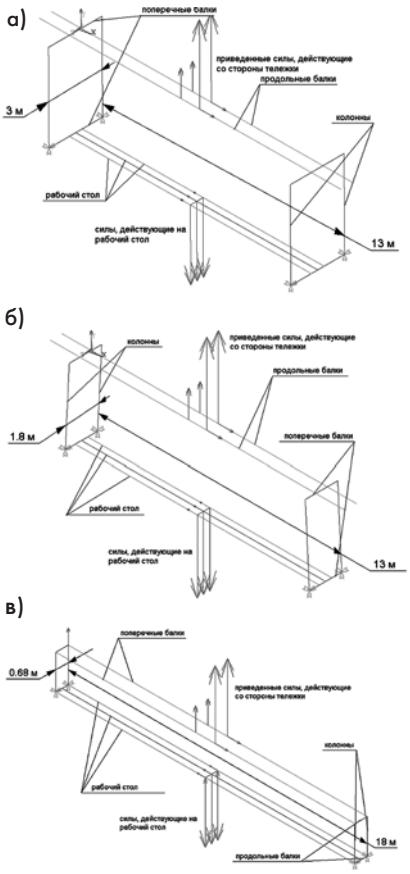


Рис. 4. **Варианты (*а, б, в*) принципиальной силовой схемы станка МГПС-50К**

конструкции была разделена на несколько этапов:

1. Оптимизация геометрических параметров поперечного сечения продольной балки портала;

2. Расчет оптимальной геометрии портала и параметров поперечных сечений продольной и поперечной балок и колонн при использовании в конструкции портала поперечных балок для обеспечения расстояния между колоннами 3 м;

3. То же при расстоянии между колоннами 1,8 м;

4. Расчет оптимальной геометрии портала и параметров поперечных сечений продольной балки и колонн при увеличении длины портала до 18 м и отказе от поперечных балок.

Независимо от выбора способа оптимизации основным ее элементом является расчет параметров напряженно-деформированного состояния конструкции при определенных параметрах. Данная задача принадлежит к классу краевых статических задач механики деформируемого твердого тела, и для ее решения наиболее эффективен неявный метод конечно-элементного анализа. В данном случае применялась учебная версия конечно-элементного пакета тяжелого класса — ANSYS, имеющая встроенный модуль параметрической оптимизации [7]. Работа в данном модуле помогает пользователю оценивать и анализировать пространство переменных проекта с помощью факторного анализа для отслеживания всех точек экстремума в пространстве переменных, градиентного метода для вычисления градиентов целевой функции и переменных состояния, дискретного метода, т. е. оценки влияния какой-либо одной из переменных проекта, меняющейся в некотором диапазоне. Эти средства дают возможность проводить исследование чувствительности проектного решения на основе информации о производных функций — градиентов зависимых переменных, и в конечном результате решить задачу оптимизации.

Анализ вариантов конструктивного исполнения продольных, поперечных балок, колонн и рабочего стола показал, что с точки зрения массы третий вариант (с увеличенной длиной портала и отказом от поперечных балок) является наиболее металлоемким. Различия масс в двух первых вариантах несущественно.

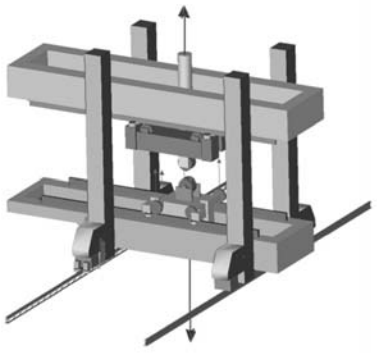


Рис. 5. **Кинематическая модель АГПМ-25**

Но по конструктивным и технологическим соображениям предпочтение было отдано второму варианту. Тесная работа с конструкторами и использование возможностей ANSYS позволили создать эскизный проект в короткие сроки.

Этап конструирования. Здесь необходимо более точно определить силы, действующие на конструкцию, и места их приложения, согласовать кинематику движения элементов конструкции. Для этих целей удобно использовать пакеты анализа динамики механических систем, например ADAMS или Nastran. Созданная кинематическая модель АГПМ-25 (рис. 5) позволила не только определить динамику распределения нагрузки на элементы конструкции, но и согласовать движение силовых приводов, а кинематическая модель системы поддержания листа — отработать алгоритмы работы манипуляторов и свести к минимуму ее негативное влияние на процесс формообразования.

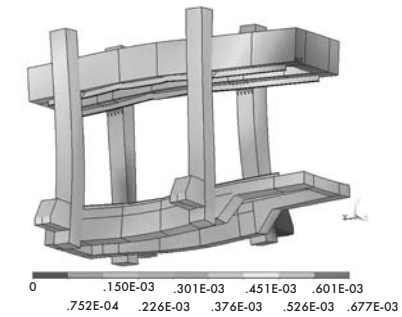


Рис. 6. **Результаты расчета на жесткость АГПМ-25 (суммарные деформации, м)**

Прочностные расчеты на данном этапе создания РКД позволили избежать опасных мест концентрации напряжений в конструкции и улуч-

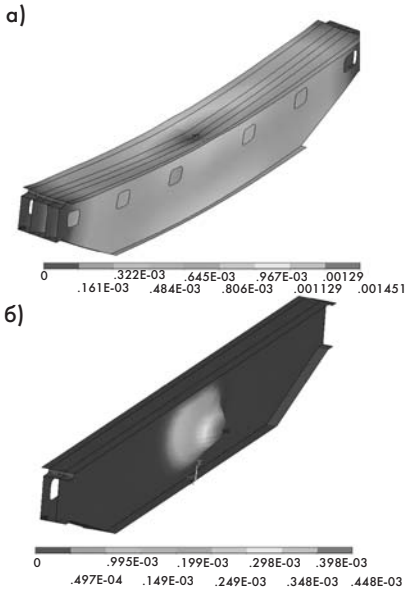


Рис. 7. **Результаты расчета на жесткость и устойчивость рабочего стола МГПС-50К:**
а — суммарная деформация, м;
б — вид потери устойчивости по первой моде (1/2 модели)

шить ее технологичность. Для некоторых сложных узлов и деталей проводится параметрическая и топологическая оптимизация, ускоряющая и упрощающая процесс их создания. Так, по результатам расчетов рабочего стола МГПС-25М, портала и опорной плиты в РКД были внесены существенные изменения. Испытания на максимально возможное гибочное усилие и суммарный прогиб при рабочем усилии подтвердили достаточную прочность конструкции и точность расчетов. Результаты расчета и испытаний соответственно следующие: деформация верхней балки 2,05 и 1,88 мм, деформация рабочего стола 1,2 и 1,01 мм. Подобная работа проводилась и для МГПС-50К.

Выпуск РКД и проверочные испытания. Основная цель компьютерного моделирования на данном этапе — оценка нормальной работы оборудования, других факторов, определяющих надежность, а также обеспечение достаточной прочности и требуемой жесткости всей конструкции и ее составляющих при эксплуатационных нагрузках в течение всего периода эксплуатации [3, 4]. При этом точность их определения существенно уменьшает время, затрачиваемое на доработку изделия и послепродажное обслуживание. Так, по окончании выпуска чертежей проводится проверочный расчет на прочность, жесткость и устойчивость конструкции. При использовании CAE-пакетов результаты получаются более точные и в более наглядном виде, чем при ручном расчете. На рис. 6 приведен пример результатов расчета жесткости для АГПМ-25.

Во время испытаний изделия, используя расчетную модель, можно быстро дать рекомендации по улучшению или, в случае каких-либо осложнений, исправлению ошибок. Например, по конструкции изготовленного станка МГПС-25М были выданы рекомендации по изменению узла стыковки балок.

Для МГПС-50К выполнен расчет на жесткость и устойчивость рабочего стола (рис. 7). Его результаты позволили отказаться от дополнительного усиления конструкции стола, что привело к снижению его массы на 8%, а трудоемкости изготовления — на 25%.

Выводы. 1. Применение компьютерного моделирования может быть рекомендовано на всех этапах создания типоразмерного ряда перспективных гибочно-правильных машин, что позволит сократить время его разработки, снизить затраты и существенно повысить конкурентоспособность.

2. Наибольший эффект достигается при сквозном моделировании — последовательном и связанном моделировании на всех этапах проектирования.

3. Использование компьютерного моделирования вместе с параметрической оптимизацией позволяет проводить не только анализ, но и синтез конструкций и сооружений.

Литература

1. *Матвеев С. А., Ковалев И. В., Герасимов О. М.* Некоторые результаты и перспективы использования компьютерного моделирования при создании гибочно-правильных станков для судостроительного производства//Конференция по строительной механике корабля ,посвященная памяти академика Ю. А. Шиманского. Тезисы докладов. 2003. С. 105—107.
2. *Хилл. П.* Наука и искусство проектирования: Методы проектирования, научное обоснование решений. М.: Мир, 1973.
3. *Диксон Дж.* Проектирование систем, изобретательство, анализ и принятие решений. М.: Мир, 1969.
4. *Матвеев С. А., Мамутов В. С., Иванов К. М.* Возможности конечно-элементного анализа при решении технологических задач обработки металлов давлением//Металлообработка. 2003. № 1 (13).
5. *Матвеев С. А., Шуньгин В. Ю.* Моделирование и расчет параметров процессов ротационно-локального деформирования листовых деталей//Вестник технологии судостроения. 2003. № 10.
6. *Johnson R. C.* Optimum design of mechanical elements. New York. John Wiley, 1961.
7. ANSYS 7.0. Manual. 2002.

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ГАЗОТЕРМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ОТ ОБРАСТАНИЯ

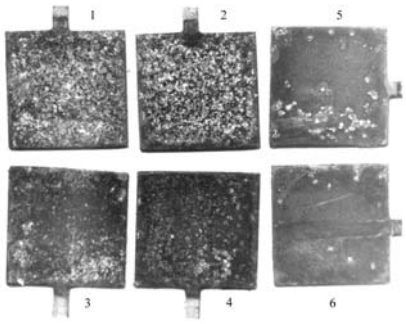
И. М. Абачараев, канд. техн. наук, **М. М. Абачараев,** докт. техн. наук (Институт физики Дагестанского научного центра РАН, г. Махачкала)

УДК 621.793.71:620.197-761

Обрастание корпусов, а на судах с подводными крыльями (СПК) еще и крыльевых устройств, наносит ощутимый материальный ущерб. Например, за 10—15 сут простоя в Черном море крыльевой аппарат СПК настолько сильно обрастает, что суда полностью теряют ходовые качества и их приходится доковать для очистки от обрастателей.

Материальный ущерб от обрастания подводных частей кораблей и судов, навигационных средств, подводных металлоконструкций и гидросооружений весьма существен. Это прямые потери на ремонтно-очистные работы и косвенные, связанные с ухудшением ходовых качеств плавсредств, увеличением расхода топлива, снижением мореходности и др. По ориентировочным данным убытки мирового флота от обрастания различных плавсредств составляют более 900 млн дол. в год [1]. Поэтому разработки, направленные на снижение обрастания корпусов судов и других погруженных в морскую воду объектов, весьма актуальны.

Авторами предпринята попытка создания плазменных покрытий с противообрастающими свойствами. Рассматривались два варианта: введение в состав покрытий бактерицидных элементов; создание на подслое определенного состава дополнительного слоя с бактерицидными свойствами.



Внешний вид образцов с различными противообрастающими покрытиями после 45 сут испытаний в Каспийском море:
1 — сталь 08кп без покрытия; *2* — нитиноловая пластина без покрытия; *3* — покрытие 60% Ni + 20% Ti + 20% Al; *4* — покрытие 70% Ni + 30% Cu; *5* — покрытие 80% NiTi + 19,2% Cu + 0,8% Be; *6* — покрытие 70% Ti + 18% Cu + 6% Be + 6% Cd

При выборе составов противообрастающих покрытий за аналог приняты противообрастающие краски, содержащие в качестве бактерицидной добавки до 17% меди или ее закиси. Известно, что бактерицидная способность медьсодержащих композиций увеличивается при введении других бактерицидных элементов — бериллия, сурьмы, кадмия [2].

Поэтому была изучена бактерицидная способность плазменных покрытий, содержащих разное количество меди, сурьмы (5—10%), бериллия (1—5%) и кадмия (1—3%) (табл. 1).

Для ускоренных лабораторных испытаний газотермических покрытий на противообрастающую способность был принят глинциновый метод, основанный на определении скорости выщелачивания меди при погружении опытных пластин (50х100 мм), напыленных со всех сторон, в глинциновый раствор. Напыление осуществляли на установке «Plasmatechnic» при поддержке следующих оптимальных технологических параметров: напряжение 50±5 В; сила тока 400±10 А; расстояние до мишени 130±10 мм. Напыление проводили в воздушной атмосфере специальной камеры.

Пластины выдерживали в емкости (250 мл) с глинциновым раствором в течение 72 ч (что соответствует 1 году натурных испытаний), затем раствор подвергали калориметрическому анализу (с использованием фотокалориметра ФЭК-М) для определения количества выщелоченной меди. Зная площадь опытных пластин, количество меди, перешедшей в раствор, и продолжительность опыта, рассчитали скорость выщелачивания (см. табл. 1).

По результатам этих лабораторных исследований судить об интенсивности растворения других бактерицидных элементов (сурьмы, кадмия, бериллия) невозможно, так как методики определения их в глинциновом растворе отсутствуют. Поэтому для определения противообрастающей способности изученных составов газотермических покрытий, содержащих несколько бактерицидных элементов, были проведены дополнительные стендовые испытания напыленных пластин (200х350 мм) из стали 08кп (толщина 2 мм) в Каспийском море. Испытания осуществлены в морских лабораториях ОАО ССЗ «Волга» (филиал в Каспийске) в течение 45 сут.

Таблица 1

Противообрастающая способность исследованных покрытий

Состав покрытия, % по массе	Толщина слоя, мм	Скорость выщелачивания, мкг/(см^2/сут)
80 NiTi + 20 Cu	0,8	18,15
75 NiTi + 25 Cu	0,8	21,03
70 NiTi + 30 Cu	0,8	22,80
75 NiTi + 20 Cu + 5 Sb	0,8	16,41
70 NiTi + 18 Cu + 6 Be + 6 Cd	0,8	12,37
75 NiTi + 24 Cu + 1 Cd	0,8	25,25
75 NiTi + 22 Cu + 3 Cd	0,8	18,32
80 CrNi + 20 Cu	0,2	14,34
75 CrNi + 15 Cu + 10 Sb	0,2	12,81

Как видно из рисунка и табл. 2, покрытия, содержащие наряду с медью добавки бериллия и кадмия, являются весьма стойкими против обрастания (на образцах были единичные случаи обрастания), и их можно предложить в качестве эффективного средства для защиты корпусов плавсредств от обрастания. При этом для снижения контактной

Таблица 2

Результаты стендовых испытаний стальных пластин с опытными покрытиями

Состав покрытия, % по массе	Толщина, мм	Площадь обрастания, %	Балл обрастания
100 NiTi	1,0	100	1
70 NiTi + 30 Cu	0,8	60	2
60 Ni + 20 Ti + 20 Al	0,8	90	1
80 NiTi + 19,2 Cu + 0,8 Be	0,8	5	5
80 NiTi + 18 Cu + 6 Cd + 6 Be	0,8	2—3	5

коррозии необходимо на стальную поверхность защищаемых конструкций предварительно нанести электроизоляционный подслой.

Дальнейшие исследования, на наш взгляд, необходимо направить на создание автоматизированной системы нанесения этих покрытий на погруженные части плавсредств с дистанционным компьютерным управлением, а также на создание таких новых покрытий, которые не вызывали бы контактной коррозии, были более технологичными и менее дефицитными.

Литература

1. *Лебедев Е. М.* Биологическое повреждение материалов в водных средах//«Проблемы биологических повреждений и обрастания материалов, изделий и сооружений. М.: Наука, 1977.
2. *Гуревич Е. С., Искра Е. В., Куцевалова Е. П.* Защита морских судов от обрастания. Л.: Судостроение, 1978.
3. *Абачараев М. М., Хаппалаев А. Ю.* Защитные покрытия в промышленности. Махачкала: Дагкнигоиздат, 1986.

ПРИСПОСОБЛЕНИЕ ESAB RAILTRACK FW 1000 УСКОРИЛО СТРОИТЕЛЬСТВО САМОЙ БОЛЬШОЙ В МИРЕ ЯХТЫ ИЗ АЛЮМИНИЯ

(Перевод статьи, опубликованной в журнале ЭСАБ «Laswijzer», Голландия)

Гуус Шорнагель (Guus Schornagel) (ЭСАБ, Голландия)

При строительстве самой большой в мире яхты из алюминия «The Athena» («Афина») на голландской верфи Royal Huisman основной задачей при проектировании и строительстве было улучшение эффективности сварки. Эта задача была решена применением механизированной MIG сварки с помощью приспособления Railtrack FW 1000 для горизонтальных и вертикальных стыковых швов корпуса яхты.

Верфь Royal Huisman. История этой голландской верфи началась в 1884 г. с постройки различных деревянных судов. С 1954 г. все суда строятся из стали, а в 1964 г. верфь одна из первых в Европе приступила к постройке судов из алюминия. В последующие годы таких судов строилось все больше, и в настоящее время верфь строит все суда из алюминиевых сплавов. Девиз компании: «Если вы можете это вообразить, то мы можем это построить».

На верфи работают 325 чел., включая работников компании Rondal — поставщика мачт, такелажа и лебедок. Персонал верфи Huisman работает напрямую с заказчиком, что обеспечивает высокую эффективность и гибкость постройки судна. Верфь имеет свой отдел современных композитных материалов, окрасочный цех и современный мебельный цех, занимающийся дизайном интерьера, удовлетворяющего желания каждого клиента. Верфь пользуется всемирной известностью. Легендарные яхты «Flyer I» и «Flyer II» — победители кругосветных парусных гонок «Whitbread Race», ведомые капитаном Конни ван Рейтсчетеном (Connie van Reitschoten), — являются, видимо, самым ярким примером достижений верфи Huisman.

Вертикальное позиционирование системы «Railtrack»

Горизонтальное позиционирование системы «Railtrack» на вертикальной стенке

Яхта «Афина». После года напряженной подготовки и проектирования 22 ноября 1999 г. был подписан контракт на постройку самой большой в мире трехмачтовой шхуны «Афина». Яхта длиной почти 90 м является самой крупной из алюминиевого сплава. Это — детище конструкторов Пиетера Билдсниджера (Pieter Beeldsnijder) и Герарда Дижкстра (Gerard Dijkstra). Постройка ее будет завершена в сентября 2004 г.

Вот некоторые характеристики шхуны: общая длина 90 м, ширина 12,2 м, осадка 5,5 м, три мачты высотой 60 м, два двигателя «Caterpillar» мощностью по 1470 кВт, масса 982 т, суммарная площадь парусов 2474 м^2, команда 21 чел.

Корпус шхуны формировался в закрытом цехе верфи в течение года. Обычно он изготавливается в положении днищем вверх. Большие размеры «Афины» заставили возводить корпус при нижнем положении днища.

Сварочные работы. Корпус судна потребовал огромного объема сварочных работ. Обычно вертикальные и горизонтальные стыковые соединения свариваются вручную MIG сваркой. Однако для такого объема работ было очень важно обеспечить высокопроизводительную и экономичную сварку. В тесном

100 ЛЕТ
Искренне Ваш

ЭСАБ обладает 40-летним опытом работы на Российском рынке и все эти годы поставлял свою продукцию на многие предприятия нефтегазовой, судостроительной, машиностроительной, химической и многих других отраслей промышленности.

ESAB

Мы производим и поставляем:
- сварочные электроды, проволоки и флюсы;
- аппараты для ручной, полуавтоматической и автоматической сварки;
- установки для орбитальной сварки неповоротных стыков труб;
- установки для автоматического раскроя листа методами газовой, плазменной и лазерной резки;
- средства защиты сварщика и окружающей среды.

МОСКВА	тел.**(095)937 95 81**
САНКТ-ПЕТЕРБУРГ	тел.**(812)336 70 80**
ЕКАТЕРИНБУРГ	тел.**(3432)65 83 82**
НИЖНИЙ НОВГОРОД	тел.**(8312)78 00 03**
РОСТОВ-НА-ДОНУ	тел.**(8632)95 03 85**

Ваш партнер в сварке и резке

ESAB®

Академику РАН

Владимиру Григорьевичу ПЕШЕХОНОВУ — 70 лет!

В. Г. Пешехонов — директор государственного научного центра РФ — ЦНИИ «Электроприбор», лауреат Ленинской премии и Государственной премии РФ в области науки и техники, Почетный судостроитель, Почетный доктор Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ», лауреат «Золотой Книги Санкт-Петербурга».

Владимир Григорьевич родился 14 июня 1934 г. в Ленинграде.

В 1958 г. окончил с отличием радиофизический факультет Ленинградского политехнического института и в этом же году начал работать в ЦНИИ «Электроприбор», где прошел путь от инженера до директора института.

В. Г. Пешехонов начал свой творческий путь как разработчик нового средства навигации — радиоастрооптических навигационных систем. Он разработал антенны и сверхвысокочастотные волноводные тракты (кандидатская диссертация, 1963 г.), сформулировал и решил проблему пространственной фильтрации слабых сигналов радиоастрономических источников на интенсивном шумовом фоне (докторская диссертация, 1974 г.). С 1964 г. В.Г.Пешехонов начал участвовать в испытаниях разработанной им аппаратуры на подводных лодках Северного и Черноморского флотов. В ходе этих работ сложился творческий стиль В.Г.Пешехонова, основывающийся на умении решать принципиально новые задачи и доводить работу до создания образцов новой техники для Военно-Морского Флота. В 1967 г. был назначен главным конструктором стабилизированной корабельной антенны впервые разрабатывавшейся системы космической связи.

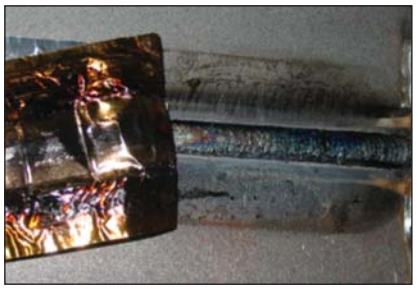
В 1974 г. В. Г. Пешехонов был назначен главным конструктором навигационных комплексов, разрабатывавшихся ЦНИИ «Электроприбор» для кораблей второго и третьего поколений. В составе этих комплексов под его руководством были созданы прецизионные инерциальные навигационные системы, высокостабильные морские гравиметры, высокоточные средства коррекции, сложные вычислительные системы. В короткие сроки было освоено производство комплексов и входящих в них систем на пяти заводах отрасли, и с 1977 г. начались поставки на строящиеся корабли. В 1977—1985 гг. В. Г. Пешехонов активно участвовал в отработке и испытаниях навигационных комплексов, в том числе был техническим руководителем испытаний в первом зимнем походе советской атомной подводной лодки к Северному географическому полюсу в марте 1980 г.

В 1983 г. В. Г. Пешехонов был назначен первым заместителем директора по научной работе — главным инженером НПО «Азимут» и ЦНИИ «Электроприбор». На этом посту он начал масштабные работы по техническому перевооружению производств, компьютеризации исследований и разработок, структурной перестройке предприятия, что несколько смягчило переход института к новым экономическим отношениям в 90-е годы.

После расформирования НПО «Азимут» в 1991 г. В. Г. Пешехонов стал директором ЦНИИ «Электроприбор». В первые трудные для промышленности годы реформ ему удалось сохранить основной творческий состав института, диверсифицировать тематику, модернизировать основные разработки в соответствии с требованиями мирового рынка и наладить экспорт продукции. С 1997 г. начался непрерывный рост объема работ института, который к настоящему времени увеличился в шесть раз в сопоставимых ценах. Институт разрабатывает и поставляет морские навигационные комплексы, системы гироскопической стабилизации, интегрированные инерциально-спутниковые навигационные системы, мобильные гравиметрические системы, перископные комплексы нового поколения, антенно-фидерные системы и комплексы связи кораблей (после присоединения КБ «Связьморпроект» в 2002 г.), системы измерения микроускорений и ориентации космических аппаратов, медицинскую технику, ветроэнергетические установки. Институт динамично развивается, действует эффективная система подготовки специалистов, сформировано современное производство, в основном завершены техническое перевооружение и реконструкция основных фондов.

В. Г. Пешехонов ведет большую научно-организационную и педагогическую работу. Он член президиума Санкт-Петербургского научного центра РАН, член бюро Отделения энергетики, машиностроения, механики и процессов управления РАН, председатель Научного совета РАН по проблемам транспорта, член Высшей аттестационной комиссии Минобразования РФ, член Совета по грантам Президента Российской Федерации для поддержки молодых российских ученых и ведущих научных школ Российской Федерации, заведует кафедрой «Информационно-навигационные системы» Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики, главный редактор журнала «Гироскопия и навигация», президент международной общественной организации «Академия навигации и управления движением», объединяющей более 250 ученых России, Украины, США, Канады, Германии, Франции и других стран, почетный президент НТО судостроителей им. академика А. Н. Крылова.

Желаем Вам, уважаемый Владимир Григорьевич, доброго здоровья, счастья и новых творческих успехов в Вашей многогранной деятельности.



Использование керамических подкладок ЭСАБ, значительно повышающих качество сварки

сотрудничестве со специалистом ЭСАБ Пьетом Ланкхуизеном (Piet Lankhuyzen) была разработана технология сварки с применением устройства ЭСАБ «Railtrack».

На верфи были проведены пробные сварочные работы с участием представителей верфи «Баркмейер» в г. Строобосе, которая уже в течение нескольких лет успешно применяет устройства ЭСАБ «Railtrack». В результате была выбрана модель «Railtrack» FW 1000 Flexi Weaver. Длина направляющего рельса этого устройства, прикрепляемого к корпусу вакуумными держателями, — 30 м. Толщина листов обшивки корпуса судна колеблется от 10 до 15 мм. Устройство применялось для сварки как горизонтальных, так и вертикальных стыков. Стыки сваривались в три прохода: одним корневым и двумя облицовочными.

Опыт производственного применения. Руководитель производства верфи Хенк Петтер (Henk Petter) очень доволен результатами. Он прокомментировал применение устройства так: «Устройство снижает время непосредственной сварки (время горения дуги), обеспечивает высокое качество сварки, и, самое важное, — сварочные работы стали менее утомительными для сварщиков».

«Сварщики верфи участвовали в освоении нового устройства с самого начала, — продолжает Хенк, — что способствовало успешному внедрению новой технологии сварки. Решающую роль в освоении этого процесса сыграло наше тесное сотрудничество с концерном ЭСАБ».

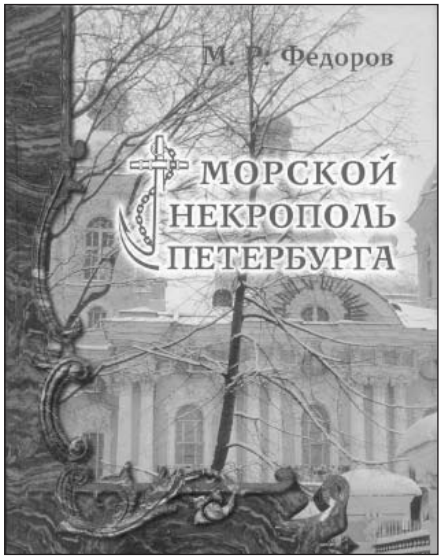
Устройство «Railtrack» FW 1000. Основные особенности:

- может применяться для сварки как магнитных, так и немагнитных материалов во всех пространственных положениях;
- быстрая и легкая установка;
- пять сварочных программ;
- программируемая функция заварки кратера;
- имеется руководство по программированию;

Система «Railtrack» применяется с любым полуавтоматом

- гибкий направляющий рельс выполнен из стандартного алюминиевого профиля;
- . рельс по желанию можно удлинять и укорачивать;
- дополнительное устройство установки угла наклона горелки;
- наклонное устройство колебаний электрода при сварке угловых швов (опция);
- поворотное устройство колебаний электрода при сварке наклонных вертикальных швов (опция);
- навесная сварочная головка для механической настройки положения по высоте (опция);
- дистанционное устройство для ввода параметров.

«МОРСКОЙ НЕКРОПОЛЬ ПЕТЕРБУРГА»



К интересным книжным новинкам относится книга М. Р. Федорова «Морской некрополь Петербурга» (СПб.: Политехника, 2003). Она представляет собой биографический справочник, где представлено около 1500 имен моряков, кораблестроителей, видных ученых в области флота и кораблестроения, деятелей искусства, связавших свое творчество с морской тематикой в XVII—XX веках. Многие из них похоронены на кладбищах Санкт-Петербурга и его пригородов. К сожалению, сегодня наши исторические кладбища (Александро-Невская лавра, Смоленское, Волковское, Новодевичье и др.) по ухоженности и убранству оставляют желать лучшего, а потому в начале книги помещен эпиграф: «Больше почтения предкам — больше славы потомкам». В течение ряда лет автор много публиковался в различных изданиях по истории флота, кораблестроения, морского некрополя в Санкт-Петербурге; выступал он по этим темам и по радио в передаче «Андреевский флаг». В течение 12 лет автор собирал материалы для этой книги, при этом лично обследовал многие кладбища в поисках захоронений моряков и кораблестроителей. В конце каждой статьи указаны основные литературные источники, которыми пользовался автор. Книга богато иллюстрирована фотографиями персоналий и многих памятных надгробий, в конце помещен ряд приложений, в том числе «Указатель имен». Книга «Морской некрополь Петербурга» будет полезна всем, кто интересуется историей флота и кораблестроения.

ОПЕРАЦИЯ ПО ВОЗВРАЩЕНИЮ В ИСХОДНОЕ СОСТОЯНИЕ АПЛ, ОПРОКИНУВШЕЙСЯ В ПЛАВУЧЕМ ДОКЕ

П. С. Баранов, К. С. Позняк (ФГУП ЦКБ МТ «Рубин»)

УДК 629.5.017.13:623.827

В начале лета 2002 г. при постановке для утилизации в плавучий док 10-го судоремонтного завода (Полярный) перевернулась атомная подводная лодка (АПЛ) пр. 675МК (зав. № 531).

Причиной аварии явилось отсутствие на 10 СРЗ плазовой документации для данной АПЛ и, как следствие, неправильное изготовление доковых клеток, которые не учитывали на конкретном заказе наличия дополнительного узкого докового киля. После полного всплытия АПЛ всей своей массой стала на узкий доковый киль и потеряла поперечную остойчивость. За несколько секунд она опрокинулась и легла на левый борт с креном около 60° (рис. 1, *а*). При этом АПЛ ударилась своей прочной рубкой о башню дока, пробила ее и застряла в ней. Металлические части клеток докового набора при падении АПЛ развернулись и одним концом в двух местах пробили стапель-палубу дока, а другим — обшивку легкого корпуса, вошли в балластные цистерны АПЛ и разгерметизировали их.

Работы по утилизации АПЛ, лежащей на левом борту, проводить было невозможно по следующим причинам. Во-первых, выгрузка тяжелого механического оборудования, установленного на фундаменты внутри отсеков подводной лодки (турбины, насосы, компрессорные станции и прочее), из-за больших углов крена сопряжена с большими техническими трудностями и риском для жизни рабочих, которые выполняли бы данную работу. Во-вторых, трехотсечный блок АПЛ, состоящий из реакторного отсека и по одному отсеку в нос и корму от реакторного (для придания блоку необходимой плавучести и высоты надводного борта), должен формироваться в доке и плавать без крена и дифферента. Данный трехотсечный блок в дальнейшем должен транспортироваться к месту длительного хранения.

Поэтому руководство 10 СРЗ, не имея на предприятии соответствующих специалистов, обратилось за помощью в ФГУП ЦКБ МТ «Рубин» для возвращения АПЛ в исходное состояние. Генеральный конструктор АПЛ пр. 675МК И.Л. Баранов поручил выполнение данной работы специалистам отдела теории корабля. Задача оказалась достаточно сложной, так как, во-первых, опыта в выполнении подобных работ у специалистов отдела не было; во-вторых, существующие компьютерные программы по статике не позволяли выполнять расчеты плавучести и остойчивости для АПЛ, лежащей на боку, и, кроме того, было не совсем понятно, как поведет себя АПЛ при всплытии в доке.

Задачу решали несколькими способами с целью исключения возможных ошибок. Цена ошибки могла быть очень велика — это и невозможность восстановления первоначального положения АПЛ, и быстрое переваливание всплывшей АПЛ на другой борт с возможным повреждением дока.

К обсуждению данной проблемы привлекались ведущие специалисты отдела. В итоге многочисленных обсуждений, предварительных расчетов и тщательного анализа их результатов был рекомендован наиболее простой и малозатратный вариант возвращения АПЛ в исходное положение без крена и дифферента.

По этому варианту, для гарантированного получения необходимой плавучести и положительной поперечной начальной остойчивости, достаточной для всплытия без дифферента и выпрямления АПЛ при всплытии, необходимо было выполнить работы по герметизации прочного корпуса, прочных междубортных цистерн и двух кормовых цистерн главного балласта (ЦГБ); остальные ЦГБ были оставлены негерметичными. АПЛ при погружении плавдока должна была всплывать без дифферента с одновременным самостоятельным спрямлением крена за счет достаточно большого положительного восстанавливающего момента при крене порядка 60° и возвратиться в исходное (до аварии) положение (рис. 2).

Из-за большого количества крупных, выступающих за обводы корабля частей (стабилизаторов, рулей, обтекателей станций), которые могли помешать восстановлению АПЛ, было принято решение об удалении носовой и кормовой оконечностей до границ ЦГБ, а также снятии всех конструкций и оборудования с надстройки и ограждения

рубки. Необходимая величина герметизируемых объемов и значение поперечной метацентрической высоты определялись расчетом по программе «Статика».

Было рассчитано, что при погружении дока и достижении осадки в вертикальной плоскости 3,80—3,85 м погруженный объем аварийной АПЛ будет достаточен для начала всплытия. На диаграмме поперечной статической остойчивости (рис. 3) видно, что при всплытии АПЛ не произойдет увеличения угла крена в сторону накрененного борта, так как при угле крена 60° имеется положительная метацентрическая высота, угол заката диаграммы равен 80°, в связи с чем есть запас восстанавливающего момента, т. е. АПЛ при всплытии должна вернуться в исходное до аварии положение. Для гарантированного всплытия заказа и исключения возможности переваливания его на другой борт предусматривались две пары страховочных и одерживающих тросовых устройств.

С целью уточнения некоторых технических вопросов и визуального обследования аварийной АПЛ на 10 СРЗ выезжали специалисты отдела теории корабля ЦКБ МТ «Рубин».

После этого были выполнены окончательные расчеты плавучести, остойчивости и нагрузки разгруженной АПЛ и даны рекомендации для 10 СРЗ и 40 ГосНИИ МО РФ по величине усилий, на которые должны быть рассчитаны страховочные и одерживающие тросовые устройства. После изготовления страховочные тросовые устройства были установлены на АПЛ следующим образом: первые концы четырех тросовых устройств закреплены на носовом и кормовом штоковых устройствах (по два на каждое ШУ-200); два других конца закрепили на шпилях правой башни дока; два оставшихся — через блоки, вываренные на левой башне дока,— предполагалось завести на буксир и использовать его в качестве амортизатора колебаний АПЛ.

После выполнения всех работ по обрезке носовой и кормовой оконечностей, герметизации прочного корпуса, прочных междубортных цистерн и ЦГБ № 9 и 10, установке страховочных и одерживающих тросовых устройств АПЛ была готова к проведению операции по возвращению ее в исходное положение.

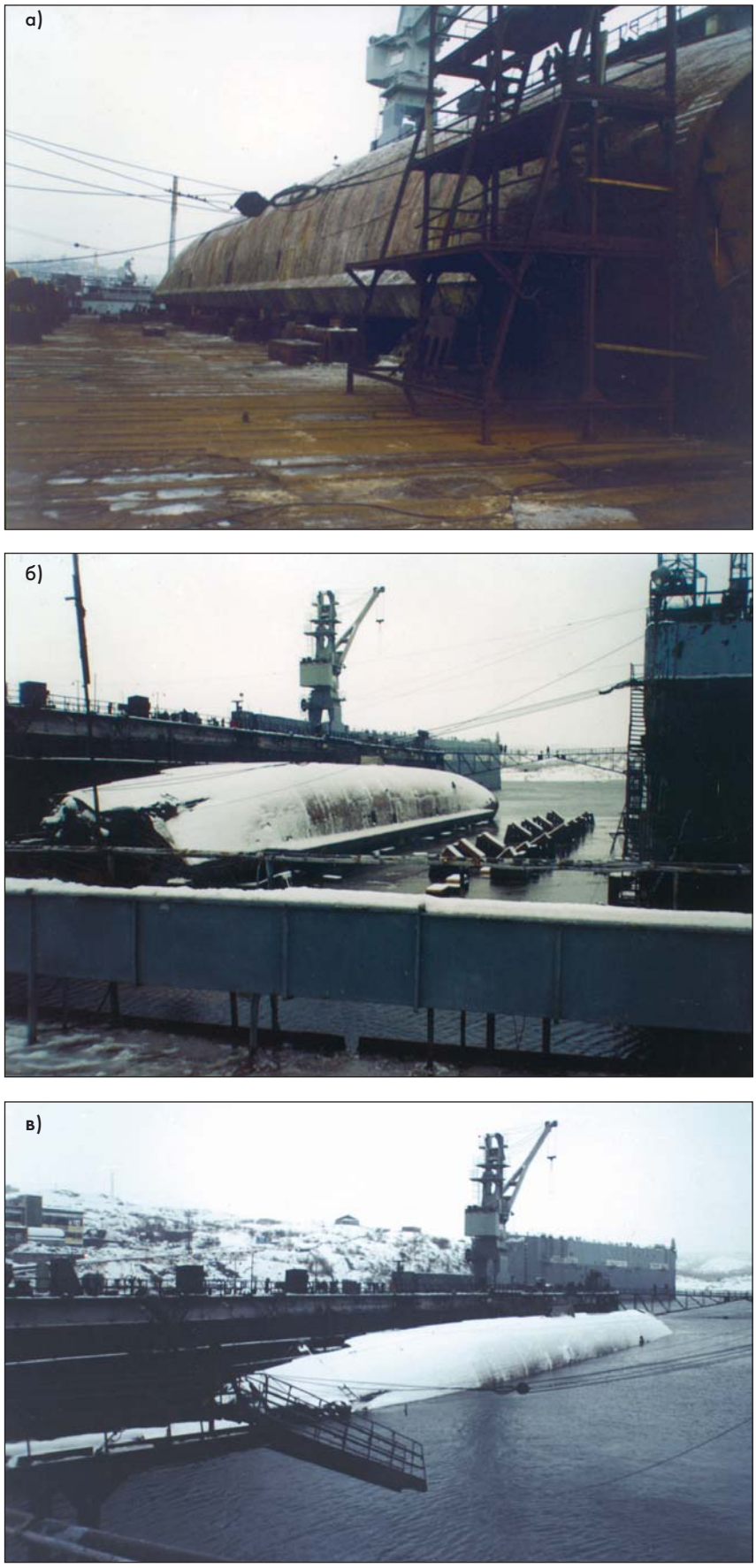


Рис. 1. **Атомная подводная лодка пр. 675МК (зав. № 531) в плавучем доке ПД-63 после опрокидывания (*а*) и в ходе операции по ее возвращению в исходное положение 30 октября 2002 г.: 10 ч — начало погружения дока (*б*); 12 ч — первая подвижка АПЛ (*в*)**

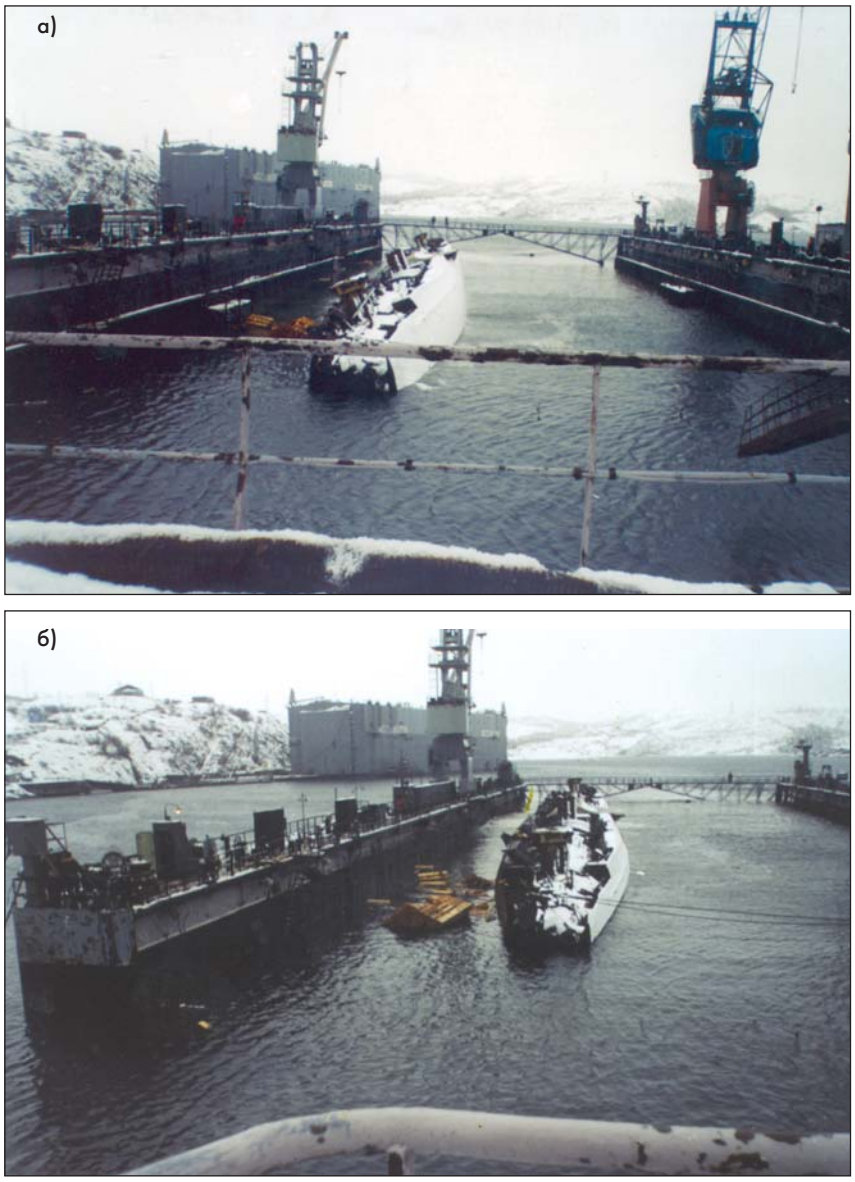


Рис. 2. **Атомная подводная лодка пр. 675МК (зав. № 531) в плавучем доке ПД-63 в ходе операции по ее возвращению в исходное положение 30 октября 2002 г.: *а* — 12 ч 20 мин — крен около 30°; *б* — 12 ч 30 мин — крен около 0,5°, дифферент около 0°, осадка 7 м**

буксира оборвались тросы левых тросовых устройств. Было принято решение перезавести тросовые устройства на шпили левой башни дока, что и было сделано в течение часа (рис. 3), после чего погружение дока было продолжено.

В 12 ч отмечалась первая подвижка АПЛ, в результате чего из-под кормы заказа всплыла клетка докового набора (см. рис. 1, *в*). Всплытие и спрямление лежащей на борту АПЛ началось на осадке 3,8 м, что соответствовало расчету. Первоначально всплыла кормовая оконечность, при этом произошло частичное смятие необрезанных частей выгородки ГАК.

К 12 ч 20 мин заказ имел крен около 30° на левый борт (см. рис. 2, *а*) и после стравливания гиней левого борта крен отошел до 10—15°.

К 12 ч 30 мин заказ окончательно спрямился (см. рис. 2, *б*), при этом крен на левый борт был около 0,5°, дифферент около 0°, осадка по маркам углубления 7,0 м, что соответствовало расчетной величине осадки для всплывшей в нормальное положение АПЛ. После перевода АПЛ на новую доковую дорожку и ее центровки началось всплытие дока. В 16 ч АПЛ была поставлена на новую дорожку с креном на левый борт около 1°, что было вызвано попаданием смятых брусьев старых клеток докового набора на новые клетки.

В результате доковой операции были подтверждены все расчетные величины нагрузки и посадки АПЛ, приведенные в выполненном ЦКБ МТ «Рубин» расчете «Нагрузка масс, плавучесть и остойчивость при проведении специальной доковой операции в доке ПД-63».

В дальнейшем АПЛ была утилизирована, а реакторный отсек поставлен в специальное хранилище. ❐

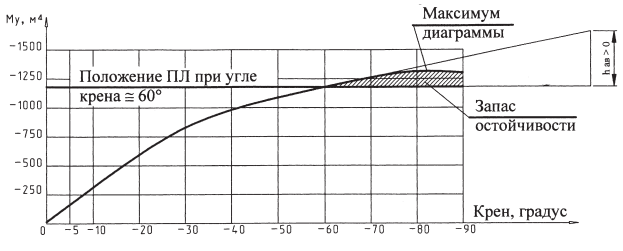


Рис. 3. **Диаграмма поперечной статической остойчивости АПЛ**

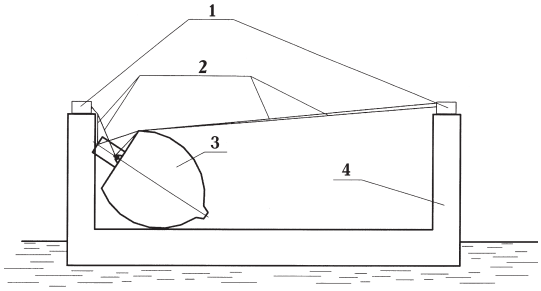


Рис. 4. **Схема раскрепления тросовых устройств:**
1 — лебедки; *2* — раскрепляющие тросы; *3* — АПЛ; *4* — плавдок

Для оказания технической помощи при выполнении доковой операции на завод были командированы конструкторы отдела П. С. Баранов и О. В. Коровченко.

Операция по возвращению АПЛ в исходное положение состоялась 30 октября 2002 г. Погружение дока началось в 10 ч (см. рис. 1, *б*). Через 10 мин в результате рывков

ОБЕСПЕЧЕНИЕ СВЕРХНОРМАТИВНОГО СРОКА ЭКСПЛУАТАЦИИ ПАТРУБКОВ ПРКБ ЦИРКУЛЯЦИОННЫХ ТРАСС АПЛ

Н. Я. Калистратов (ФГУП МП «Звездочка»), **А.В. Репин, С. С. Тупицын** (ФГУП НИПТБ «Онега»)

УДК 621.643.4.06.001.76

Во второй половине 80-х годов XX века отечественная промышленность выпускала до трети мирового объема военно-морской техники, т.е. столько же, сколько и промышленность США. Из более чем 5100 подводных лодок, построенных морскими державами в прошлом веке, каждая пятая плавала либо под Андреевским, либо под советским флагом. После Великой Отечественной войны более половины лодок было построено в нашей стране, также как и более половины (250 ед.) атомных подводных лодок (АПЛ) из 469, вступивших в строй различных флотов мира. Наличие сильного подводного флота обеспечивало надежную защиту нашей страны и полную загрузку мощностей судостроительных и судоремонтных предприятий [1].

В настоящее время во всем мире резко сократилось строительство новых АПЛ, в частности, в России — в несколько раз. С учетом уменьшения численности находящихся в эксплуатации АПЛ и минимальных, в ближайшем будущем, темпов строительства кораблей при решении стратегической проблемы поддержания высокой боеготовности отечественного подводного флота основная нагрузка ложится на те немногие АПЛ, которые остались в строю. Поддержание их боеготовности возможно при условии выполнения мероприятий по продлению срока службы их оборудования и модернизации отдельных составных частей при ремонте. Аналогичным образом поступают с судами с атомными энергетическими установками [2], вспомогательными судами ВМФ России [3,4], а также в атомной энергетике [5—7].

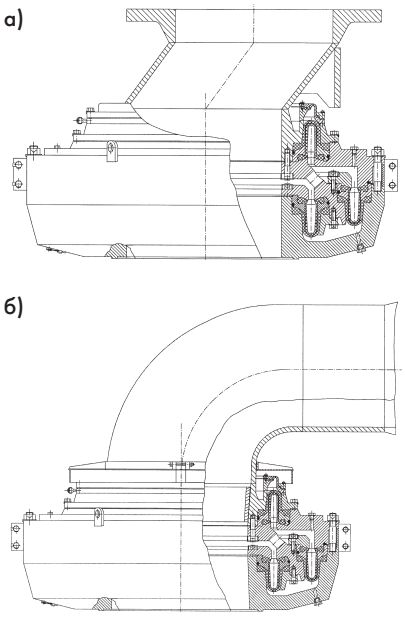


Рис. 1. **Приемный (*а*) и отливной (*б*) патрубок ПРКБ**

Продление срока эксплуатации атомных электростанций (АЭС) признано важной государственной задачей, позволяющее более полно использовать вложение капитальных затрат и экономить для страны значительные средства для обеспечения вывода устаревших АЭС из эксплуатации. Более того, наряду с управлением безопасностью, создаются предпосылки для разработки принципиально нового подхода к управлению сроком службы АЭС и АПЛ [8—12]. Аналогичные проблемы пытаются решить в США, Великобритании и других странах. В нынешней обстановке повышения эффективности ремонтных работ можно добиться за счет снижения объемов, продолжительности технического обслуживания и ремонта при сохранении необходимой надежности функционирования всех технических средств.

Работы по увеличению ресурса и срока службы ремонтируемых АПЛ, предусматривающие комплекс мероприятий по оценке технического состояния и продлению срока эксплуатации оборудования АПЛ на очередной межремонтный период, активно ведутся в настоящее время на ФГУП МП «Звездочка» и ФГУП НИПТБ «Онега».

В современных экономических условиях применение оборудования за пределами сроков службы, устанавливаемых техническими условиями на его поставку, позволяет максимально использовать материальную часть ремонтируемых АПЛ, обеспечить экономию материальных и финансовых средств за счет ремонта оборудования по его техническому состоянию. Продления сроков службы оборудования можно добиться лишь при обоснованном увеличении его ресурса сверх показателей, установленных нормативно-технической документацией на поставку (назначенные ресурс и срок службы). Это возможно на основании сбора и анализа информации о реальных условиях эксплуатации и фактическом техническом состоянии оборудования с различными наработками и сроками службы.

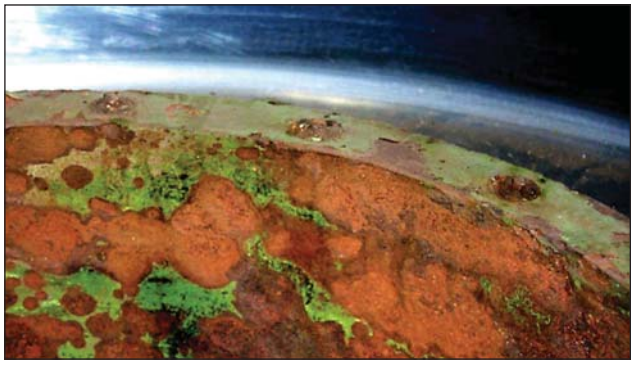


Рис. 2. **Корпус патрубка**

Рис. 3. **Колено патрубка**

Рис. 4. **Коррозионные разрушения проставыша патрубка**

В процессе анализа этой информации выявляются технические возможности оборудования, определяются его резервы и предлагается комплекс мероприятий, осуществление которых обеспечит работоспособность оборудования на заданный период времени, как правило межремонтный или послеремонтный (до утилизации).

Анализ технического состояния оборудования ремонтируемых АПЛ показал, что большая его часть при поступлении в ремонт находится в работоспособном состоянии и может эксплуатироваться за пределами установленных научно-технической документацией сроков. Наработка у большинства такого оборудования составляет менее 50 % от установленного ресурса, что особенно характерно для АПЛ 3-го поколения, у которых коэффициент оперативного использования, характеризующий долю времени использования корабля по прямому назначению, в несколько раз меньше запланированного.

К настоящему времени в НИПТБ «Онега»» разработаны программы-методики на большую часть оборудования АПЛ, определяющие порядок допуска к эксплуатации по результатам оценки его технического состояния. Программы предусматривают следующие варианты использования оборудования: допуск к эксплуатации без ремонта или после технического обследования с соответствующим обоснованием; допуск к эксплуатации после ремонта, предусматривающего восстановление оборудования, выработавшего свой ресурс; замену оборудования, выработавшего свой ресурс и не подлежащего восстановлению. Как правило, ремонт сопровождается модернизацией.

В данной статье в качестве примера рассмотрен восстановительный ремонт патрубков типа ПРКБ (патрубок резинокордный компенсационный безраспорный) с выполнением модернизационных мероприятий по улучшению его эксплуатационных характеристик.

Такие патрубки используются в циркуляционной трассе, служащей для охлаждения забортной водой конденсаторов главных турбозубчатых агрегатов и автономных турбогенераторов. Патрубки ПРКБ — приемный и отливной (рис. 1) — служат для компенсации относительных перемещений блока паротурбинной установки и электронасосного агрегата ЭЦ 11, а также для акустической изоляции неопорных связей паротурбинной установки. Они представляют собой комплект металлической арматуры с резинокордными оболочками и герметизирующими камерами. Компенсирующая способность патрубков во всех направлениях составляет 15 мм.

Решение об освоении ремонта ПРКБ для уменьшения затрат на ремонт АПЛ в целом и в связи с большой металлоемкостью и стоимостью изготовления новых патрубков было принято в 1994 г. Первая АПЛ пр. 667БДРМ, на которой были установлены патрубки ПРКБ, эксплуатировалась в течение 8,5 лет. После демонтажа и разборки было оценено техническое состояние деталей патрубков ПРКБ, показавшее возможность проведения ремонта. В тесном сотрудничестве с предприятием—проектантом этих патрубков ПКБ «Севмаш» (ранее НИСКБ «Спектр») и представителями заказчика были разработаны способы и методы восстановления ПРКБ.

Исходя из опыта ремонта оборудования, контактирующего с морской водой, одним из основных выбрали метод восстановления поврежденных поверхностей наплавкой нержавеющими материалами. Он был апробирован ранее при ремонте дейдвудных сальников. Анализ технического состояния дейдвудных сальников АПЛ, подлежащей утилизации и прошедшей ранее ремонт на МП «Звездочка», показал, что поверхности, наплавленные нержавеющими материалами, после 10—12 лет эксплуатации практически не имеют коррозионных разрушений.

При оценке технического состояния патрубков ПРКБ последующей АПЛ, срок эксплуатации которой был более 13 лет, основные детали имели значительные коррозионные повреждения поверхностей, контактирующих с морской водой. Глубина некоторых дефектов достигала 10 мм. Аналогичные дефекты имелись на поверхностях патрубков, установленных еще на двух АПЛ данного проекта. В целом оценка технического состояния ПРКБ была выполнена на пяти АПЛ пр. 667БДРМ.

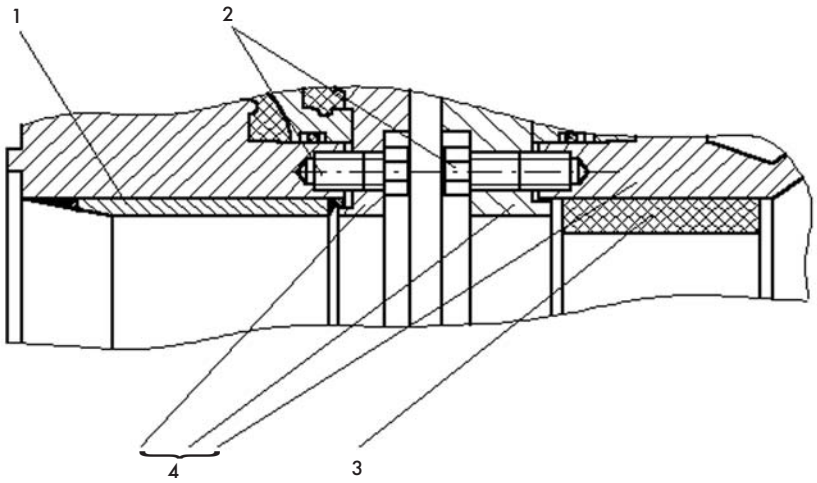


Рис. 5. **Схема доработки патрубков ПРКБ:**
1 — восстановление деталей методом наплавки, приварки кольца к корпусу; *2* — увеличение диаметра крепежных болтов, защита полихлорвиниловыми трубками; *3* — установка кольцевых протекторов; *4* — изготовление новых деталей с увеличением толщины металла поверхностей, контактирующих с морской водой

Рис. 6. **Протектор**

Рис. 7. **Установка протектора**

Предремонтная дефектация патрубков резинокордных компенсационных безраспорных (ПРКБ) позволила выявить места локализации и интенсивной коррозии. В корпусе патрубка она наблюдалась на поверхностях, контактирующих с морской водой (рис. 2). Для колен характерен коррозионно-эрозионный износ по всей внутренней поверхности погиба (рис. 3). Значительному разрушению подвержены также уплотнительные поверхности фланцев. В проставыше патрубка дефекты были на внутренней поверхности конической трубы (рис. 4). Среднестатистические максимальные глубины коррозии составляют порядка 11 мм.

Причиной коррозионного износа деталей патрубков ПРКБ, выполненных из высокопрочных сталей, явилась контактная коррозия в прямом металлическом контакте с патрубком насоса и крышкой конденсатора, выполненных из бронзы АНЖМЦ 8-4-4-1, а также в контакте с хромовым покрытием собственно деталей патрубка, имеющих малую и неравномерную толщину. Внутренняя поверхность корпуса, проставыша и колена патрубков изнашивается за счет коррозионно-эрозионных разрушений в турбулентном потоке морской воды. Также имеет место щелевая коррозия фланцевых поверхностей патрубков.

Патрубки ПРКБ осуществляют непосредственную связь внутреннего объема АПЛ с забортным пространством, поэтому они являются одним из основных элементов, обеспечивающих живучесть и безопасность АПЛ в процессе эксплуатации. В настоящее время сроки эксплуатации АПЛ превышают нормативные на 30—50 %, следовательно, улучшение эксплутационных характеристик ПРКБ является весьма актуальной задачей.

Учитывая, что основной вид повреждений патрубков — коррозионный, при ремонте на МП «Звездочка» были выполнены следующие модернизационные мероприятия (рис. 5):

увеличены толщины деталей, контактирующих с морской водой и подвергающихся коррозионному износу; введена протекторная защита;

увеличены диаметры крепежных изделий, контактирующих с морской водой;

крепежные изделия защищены от коррозии цинкованием и применением полихлорвиниловых трубок;

усовершенствована схема окраски и смазки поверхностей деталей;

уменьшена площадь хромированных поверхностей.

Поскольку применить межфланцевые протекторы для уменьшения контактной коррозии не представлялось возможным, использовали протекторы иного конструктивного исполнения — был применен один кольцевой протектор из сплава ЦП1 (рис. 6), который устанавливается в колене и проставыше патрубка (рис. 7). Для обеспечения коррозионной стойкости болтов, контактирующих с морской водой, на них устанавливается трубка из поливинилхлорида (рис. 8), резьбовые части болтов и глухих отверстий защищаются смазкой АМС-3, которая при вворачивании болтов обеспечивает гарантированное заполнение витков.

Работы по модернизации патрубков ПРКБ стали выполняться на МП «Звездочка», начиная со второй из пяти обследованных АПЛ. Ремонт выполняется по технологической документации, разработанной НИПТБ «Онега».

Модернизация патрубков ПРКБ позволяет: обеспечить увеличение межремонтного срока эксплуатации АПЛ до 13—15 лет без ограничения тактико-технических характеристик, в частности глубины погружения; увеличить ресурс патрубков; повысить их надежность, а также циркуляционной трассы в целом; сократить финансовые затраты на проведение ремонта.

Рис. 8. **Демонтированные и изготовленные вновь крепежные детали**

Литература

1. Воронин Г. П. Состояние и перспективы развития кораблестроения в России//Морской журнал (300 лет морскому флоту). 1996.
2. Митенков Ф. М., Панов Ю. К. Результаты эксплуатации реакторных установок атомных судов//Докл. МНТК «Моринтех-99». 1999. Т. 2.
3. Кириллов В. Военный флот России: вчера, сегодня, завтра//Морской флот. 1996. № 2.
4. Михайлов Ю. Вспомогательные суда ВМФ России//Морской сборник. 2001. № 4.
5. Ковалевич О. М. Продление срока эксплуатации энергоблоков АЭС первого поколения и гражданскоправовая ответственность за возможные убытки в случае аварии//Атомная энергия. 2000. Т. 88. Вып. 6.
6. Ковалевич О. М. Безопасность АЭС и прочность элементов оборудования при продлении срока эксплуатации блоков первого поколения//Атомная энергия. 2001. Т. 90. Вып. 2.
7. Основные требования к продлению срока эксплуатации блока атомной станции. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. НП-017-2000. М.: Госатомнадзор России, 2000.
8. Никитин Ю. М. Техническая конференция МАГАТЭ по применению вероятностного анализа безопасности для предотвращения, смягчения последствий и управления тяжелыми авариями//Атомная энергия. 1990. Т. 68. Вып. 5.
9. Бугаенко С. Е., Аржаев А. И., Евронин С. В., Савченко В. А. Управление сроком службы атомных станций//Атомная энергия. 2002. Т. 92. Вып. 4.
10. Савченко В. А. Управление сроком службы российских АЭС//Теплоэнергетика. 2001. № 1.
11. Савченко В. А. Некоторые концептуальные вопросы управления сроком службы российских энергоблоков АЭС//Теплоэнергетика. 2000. № 5.
12. Управление ресурсом АЭС//Сб. тезисов докл. Междунар. конф. Украинского ядерного общества/Под ред. Л. Л. Литвинского и С. В. Барбышева. Киев, 2002.

ОСОБЕННОСТИ УТИЛИЗАЦИИ СУДОВ АТОМНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

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

УДК 629.561.002.8:621.039.743

Наличие большого количества кораблей и судов с атомными энергетическими установками (АЭУ) потребовало создания судов атомного технологического обслуживания (АТО), предназначенных для обеспечения деятельности атомного флота.

Флот судов АТО России — самый многочисленный в мире [1] — в настоящее время насчитывает в своем составе свыше 90 ед. плавучих сооружений, включающих как специальные суда, построенные по индивидуальным проектам, так и суда, переоборудованные из серийных танкеров, барж, лихтеровозов. Это — плавцистерны (плавучие емкости), специальные технические наливные танкеры, плавучие технические базы, плавучие контрольно-дозиметрические пункты станции, буксиры, различные типы барж и т. п. (табл. 1).

Принципиальные схемы общего расположения судов АТО показаны на рис. 1—4. В табл. 2 представлены данные о главных размерениях, системе набора и конструктивно-технологических параметрах корпуса и надстроек судов АТО.

Суда АТО являются транспортными средствами, обеспечивающими перемещение отработавшего ядерного топлива (ОЯТ), жидких (ЖРО) и твердых (ТРО) радиоактивных отходов в пункты длительного хранения и переработки. Большинство судов построено или переоборудовано в суда АТО в 60—70-х годах XX столетия. В настоящее время по прямому назначению без ограничений можно использовать суда, построенные в 80-х годах и позже.

Из более чем 100 эксплуатирующихся и находящихся в отстое судов АТО примерно половина отслужила свой срок и подлежит утилизации.

В настоящее время утверждена концепция комплексной утилизации атомных подводных лодок (АПЛ). Основные ее положения сводятся к выполнению следующих операций: отстой АПЛ в пункте базирования после вывода из состава флота; выгрузка ядерного топлива, конвертация и длительный отстой на плаву; вырезка реакторного отсека с прилегающими к нему соседними отсеками, формирование трехотсечного блока с передачей его в пункт временного хранения на плаву, разделка оконечностей АПЛ на металлолом; вырезка реакторного отсека из трехотсечного блока, разделка соседних отсеков, подготовка реакторного отсека к длительному хранению, передача его на береговую площадку длительного хранения.

При этом основная идея заключается в использовании прочного корпуса реакторного отсека АПЛ в качестве естественного контейнера для длительного безопасного хранения высокоактивного оборудования атомной паропроизводящей установки (АППУ).

Технология утилизации надводных кораблей и судов с АЭУ в силу их специфики и конструктивных особенностей значительно отличается от технологии утилизации АПЛ. Это определяется, в основном, большими массогабаритными характеристиками реакторных помещений корабля. Опыт утилизации таких кораблей и судов пока сводится к их переоборудованию в суда с обычной энергетикой («Отто Ганн», «Муцу») или в музей («Саванна», «Ленин») либо к длительному отстою (практически все выведенные из эксплуатации надводные корабли с АЭУ).

Подготовка судов АТО к утилизации в части нормализации радиационной обстановки или локализации радиоактивных загрязнений должна проводиться на основе технико-экономических расчетов. Так, если объем вторичного металла, полученного после утилизации объекта, будет весьма малым, например, при разделке плавучих емкостей, а затраты на дезактивацию цистерн и спецпомещений велики, то вместо дезактивации целесообразно проводить локализацию (изоляцию) радиоактивных загрязнений непосредственно в цистернах с целью предотвращения выхода радионуклидов в окружающую среду при хранении и захоронении. В других случаях необходимо проводить дезактивацию для уменьшения выхода радионуклидов при хранении и увеличения доли возвращаемого в оборот в результате утилизации объектов металла.

В большинстве случаев при утилизации судов АТО необходимо сочетание методов дезактивации и локализации (изоляции) радиоактивных загрязнений.

С точки зрения возможности локализации радиоактивных загрязнений наибольший интерес представляет [2, 3] опыт омоноличивания межбакового пространства плавучей технической базы (ПТБ) «Лепсе» и

вывод из эксплуатации и консервация реакторов учебного центра ВМФ в г. Палдиски.

В октябре 1991 г. по технологии ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева было выполнено омоноличивание межбакового пространства хранилища отработавших тепловыделяющих сборок (ОТВС) ПТБ «Лепсе» Мурманского морского пароходства. Цель омоноличивания — упрочнение конструкции хранилища с учетом возможных аварийных ситуаций на всех технологических этапах при планировавшемся захоронении хранилища вместе с ОТВС; обеспечение долговечности конструкции хранилища в условиях локализации и длительного нахождения в могильнике; дополнительная герметизация упаковки на время транспортирования и хранения.

Для омоноличивания межбакового пространства была выбрана бетонная смесь на низкоалюминатном (сульфатостойком) портландцементе. Высокая степень текучести смеси обеспечила полное заполнение смесью объема судовых конструкций сложной конфигурации путем механизированной укладки с дистанционным управлением. Контрольные измерения и испытания показали, что межбаковое пространство хранилища ОТВС заполнено плотным и прочным бетоном, тепловое и напряженно-деформированное состояние которого отвечает расчетному. Такой способ обеспечивает надежную изоляцию контура и служит мощным дополнительным барьером в общей системе обеспечения радиационной безопасности судна.

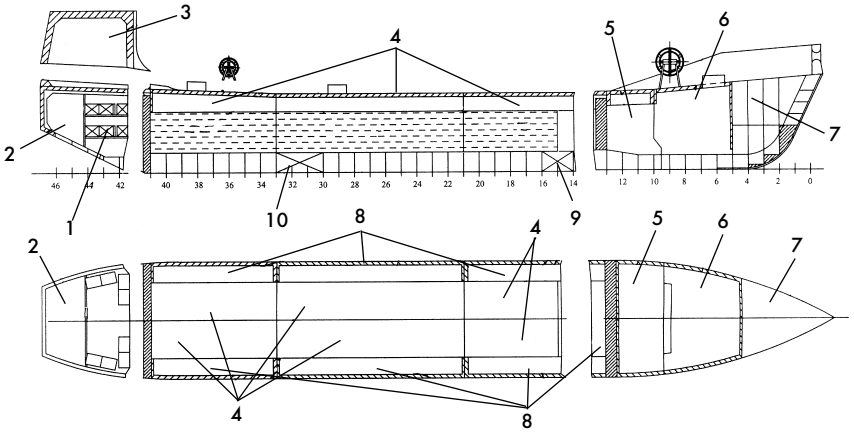


Рис. 1. **Плавучая емкость:**
1 — аккумуляторная батарея; *2* — ахтерпик; *3* — надстройка; *4* — цистерна ЖРО; *5* — насосное отделение; *6* — пост управления; *7* — форпик; *8* — коффердам; *9* — сточная цистерна; *10* — цистерна дистиллята

Работы по выводу из эксплуатации и утилизации учебного центра в г. Палдиски выполнили ЦНИИТС, ЦКБ МТ «Рубин», ВНИПИЭТ, Севмашпредприятие, «Гидротехник» и другие организации в 1994—1995 гг.

Концепция вывода из эксплуатации, временного хранения и захоронения реакторных отсеков и хранилищ ОТВС с применением метода омоноличивания радиационно опасных помещений и механизмов разработана ЦНИИТС. В качестве консерванта объемов и механизмов реакторных отсеков использована разработанная ЦНИИТС специальная твердеющая смесь на цементной основе. Эта смесь прошла экспериментальную проверку на радиационную стойкость гамма-облучением до поглощенной дозы 6000 Мрад, водонепроницаемость, газопроницаемость, выщелачиваемость и диффузионную проницаемость по радионуклидам Cs-137, Am-241, Sr-90, Pu-239. В процессе работ были полностью демонтированы оборудование и конструкции реакторных помещений, омоноличены консервантами ЦНИИТС отдельные помещения и механизмы,

Таблица 1

Эксплуатационное назначение, тип, состав и особенности насыщения корпуса, надстроек и рубок типовых представителей судов АТО

Суда АТО	Назначение	Тип плавучего сооружения	Состав и особенности насыщения	
			корпуса	надстроек и рубок
Плавучие емкости	Сбор, транспортировка и временное хранение ЖРО	Несамоходные суда с кормовой надстройкой	Однопалубные. Наличие форпика и ахтерпика, насосного отделения и грузового трюма с биологической защитой	Короткая надстройка с размещением в ней служебного помещения
Технические наливные танкеры	Прием ЖРО с плавучих средств, их временное хранение и передача в береговые хранилища	Самоходные или несамоходные суда с кормовой и носовой надстройками	Однопалубные. Наличие форпика и ахтерпика, кормового или носового машинных отделений, насосного и дизель-генераторного отделений, грузового трюма с биологической защитой	Надстройка состоит из двухпалубного кормового острова и трехпалубного носового острова, в которых размещены жилые, служебные и функциональные помещения
Плавучие технические базы	Перезарядка реакторов кораблей и судов, временное хранение ЖРО, ТРО и ОЯТ	Самоходные или несамоходные суда с кормовой и средней надстройками	Трехпалубные. Наличие форпика и ахтерпика, помещений дезактивации, котельного и дизель-генераторного отделений, санитарно-бытовых помещений, хранилищ с биологической защитой	Надстройка состоит из трехпалубного кормового острова и двухпалубного носового острова, в которых размещены жилые, служебные и функциональные помещения. На верхней палубе установлены два поворотных грузовых крана
Плавучие контрольно-дозиметрические станции	Дозиметрический контроль кораблей и судов с атомными паропроизводящими установками, временное хранение ЖРО и ТРО	Несамоходные суда с развитой по всему корпусу надстройкой	Однопалубные. Наличие форпика и ахтерпика, помещений дезактивации, функциональных помещений, носовой и кормовой цистерн для хранения ЖРО, кормового хранилища ТРО с биологической защитой	Надстройка — двухпалубная сплошной конструкции, в которой размещены жилые, служебные и функциональные помещения. На крыше надстройки находятся носовая и кормовая рубки, а также два поворотных грузовых крана

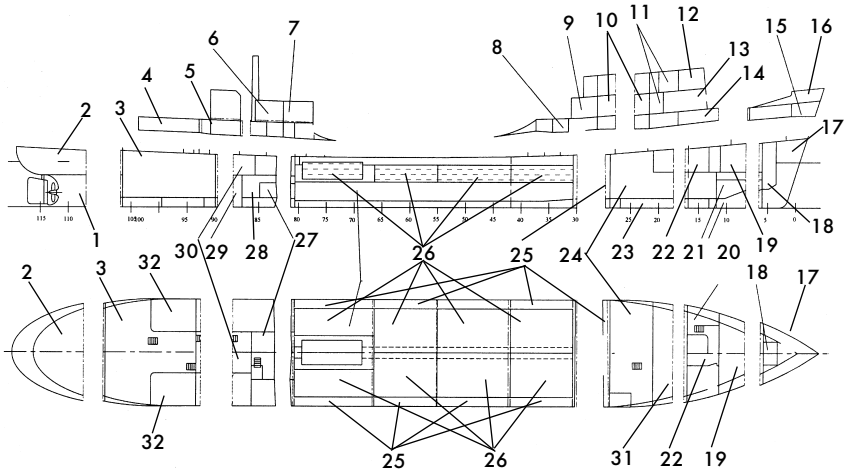


Рис. 2. **Технический наливной танкер:**
1 — ахтерпик; *2* — румпельное отделение; *3* — машинное отделение; *4* — помещение дизель-генератора; *5* — шахта; *6* — выгородка вентиляторов; *7* — разгрузочное отделение; *8* — сушилка белья и одежды; *9* — выгородка вентиляторов; *10* — шахта; *11* — камбуз; *12* — ходовая рубка; *13* — кают-компания; *14* — столовая; *15* — шпилевое отделение; *16* — шкиперская; *17* — форпик; *18* — цепной ящик; *19* — кладовая провизии; *20* — цистерна питьевой воды; *21* — гиропост; *22* — пост АСУ; *23* — цистерна топлива; *24* — дизель-генераторное отделение; *25* — коффердам; *26* — цистерна ЖРО; *27* — пост КИП; *28* — насосное отделение; *29* — цистерна чистой воды; *30* — кладовая чистой одежды; *31* — пост энергетиков; *32* — грузовой трюм

Таблица 2

Технические характеристики, система набора и конструктивно-технологические параметры корпуса и надстроек судов АТО

Техническая характеристика	Плавучие емкости	Технические наливные танкеры	Плавучие технические базы	Плавучие контрольно-дозиметрические станции
Водоизмещение, т	132	2350 (полное) 1100 (порожнем)	3335	518
Длина х ширина х высота корпуса, м	25x4,2x2,7	72,4x11,5x5,4	88x13,4x7,0	71x10,2x3,2
Материал корпуса и надстроек	Углеродистая сталь	Углеродистая сталь, внутри грузовых цистерн — нержавеющая	Углеродистая и низколегированная сталь	Углеродистая и низколегированная сталь
Система набора	Везде поперечная	По наружному борту поперечная, в остальном продольная	По днищу, второму дну и борту поперечная, в остальном продольная	По борту — поперечная, по палубам, второму дну и днищу — продольная
Толщина, мм:				
борта и днища	6—9	9—12	10—15	10—13
палуб	5—6	8—10	8—10	8
второго дна	6	10	10	10
переборок	6	6—8	8	6
Вид и размеры (мм)				
балок набора:				
борта и днища (тавр, полособульб)	6x200 / 8x100 / № 10	300x7 / 110x12 / № 18[а]	350x8 / 120x12 / № 14	330x10 / 170x12 / № 16
палуб (тавр, полособульб)	7x200 / 9x100 / № 8	№ 10÷№18	300x7 / 110x12 / № 10	240x8 / 100x10 / № 14[а]
переборок (полособульб)	№ 10	№ 10÷№ 14	№ 12÷№ 14	№ 14÷№ 16

возведены железобетонные укрытия (саркофаги). В реакторные помещения загружены и омоноличены ТРО, собранные со всей территории учебного центра.

После выполнения всего комплекса работ радиационный фон на объектах соответствовал природному. Результаты этих не имеющих аналогов работ позволили сделать следующие выводы:

технология омоноличивания помещений и оборудования реакторных помещений сравнительно нетрудоемка и экономична, для ее реализации используется общестроительная техника и не требуется специальное технологическое оборудование;

стоимость 1 т консерванта лишь на 20% превышает стоимость обычного строительного бетона; специальные добавки сравнительно дешевы и недефицитны;

консерванты ЦНИИТС обладают реологическими характеристиками, позволяющими качественно заполнять объемы в стесненных условиях и могут быть приготовлены на любом цементном заводе;

комплексная технология утилизации и консервации реакторных помещений обеспечивает минимальные дозовые нагрузки на персонал и полное отсутствие вторичных ТРО, так как дезактивация омоноличиваемых объемов не производится;

консервация реакторных отсеков и помещений может быть внедрена для АПЛ, кораблей с АЭУ и судов АТО практически на любом судоремонтном заводе, имеющем плавдоки соответствующей грузоподъемности;

комплексная технология утилизации и консерванты ЦНИИТС могут найти эффективное применение при консервации аварийных ядерно- и радиационно опасных объектов.

С учетом сложившейся практики и результатов исследований можно выделить следующие основные этапы утилизации судов АТО: прекращение эксплуатации и отстой в пункте базирования; комплексное радиационно-техническое обследование; выгрузка ОЯТ (для ПТБ), ТРО и ЖРО, жидких сред (вода, топливо и т. п.); просушка и отстой на плаву в пункте временного хранения; дезактивация поверхностей, помещений и полостей; омоноличивание (при необходимости) внутренних полостей с наведенной активностью, храни-

лищ и цистерн с остатками радиоактивного шлама сложного физико-химического состава; конвертовка судна, создание и длительное хранение корпусной упаковки; разделка корпуса, компактирование малогабаритных ТРО, формирование крупногабаритных блоков ТРО (блоки с хранилищами ОЯТ, протяженные цистерны ЖРО и т. п.); торкретирование крупногабаритных блоков ТРО и подготовка их к длительному хранению; длительное хранение блоков на специально выделенных площадках или в хранилищах РАО.

Подготовительные работы по созданию корпусной упаковки, предназначенной к временному хранению на плаву и, в дальнейшем, к захоронению, заключаются в приведении ее в безопасное состояние и консервации на весь срок хранения и захоронения. Радиационно безопасное состояние корпусной упаковки должно исключать переоблучение персонала и населения и обеспечивать нормативную мощность дозы гамма-излучения; экологически безопасное — исключать миграцию радионуклидов из упаковки в окружающую среду в концентрациях и количествах, представляющих опасность для населения и природной среды; технически безопасное — обеспечивать консервацию упаковки, снижающую коррозию металлических конструкций и позволяющую сохранять их механическую прочность на весь период хранения, до достижения естественного безопасного состояния.

Безопасное состояние упаковки достигается путем подкрепления корпусных конструкций, формирования инженерных иммобилизационных защитных барьеров в помещениях, системах и оборудовании судна, имеющих радиоактивные загрязнения и наведенную активность, а также путем торкретирования (нанесения защитного торкрет-слоя) наружных поверхностей упаковки.

Инженерные иммобилизационные биологические защитные барьеры формируются методом омоноличивания помещений, систем и оборудования, а также торкретированием внешних поверхностей упаковки специальными мелкозернистыми бетонами в соответствии с ТУ 5745-042-07502259—99 «Смеси бетонные мелкозернистые для омоноличивания радиационно опасных объектов. Технические условия». Бетонные смеси приготавливаются на бетонных заводах в соответствии с РД5Р.ГКЛИ.3603-002—99 «Смеси бетонные мелкозернистые для омоноличивания радиационно опасных объектов. Технологический регламент». Приготовленные смеси доставляются к месту проведения работ в автобетоносмесителях и укладываются с помощью бетононасосов в необходимые места помещений и корпуса судна в соответствии с РД 5ГКЛИ.3603-003—99 «Смеси бетонные мелкозернистые для омоноличивания радиационно опасных объектов. Инструкция по применению».

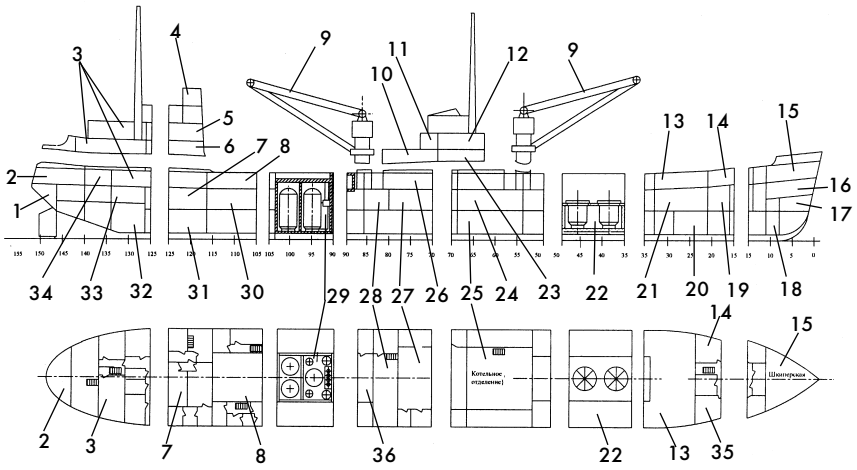


Рис. 3. **Плавучая техническая база:**
1 — ахтерпик; *2* — румпельное отделение; **3** — жилые и санитарно-гигиенические помещения; *4* — рубка; *5* — кают-компания; *6* — столовая; *7* — кладовая чистой одежды; *8* — хранилище вспомогательного оборудования; *9* — поворотный кран; *10* — пост КИП и АСУ; *11* — шахта; *12* — помещение вентиляторов; *13* — помещение дезактивации; *14* — кладовая спецодежды; *15* — шкиперская; *16* — шпилевое отделение; *17* — форпик; *18* — цепной ящик; *19* — пост АСУ; *20* — гиропост; *21* — кладовая грязной одежды; *22* — хранилище технологических каналов; *23* — сушилка белья и одежды; *24* — насосное отделение; *25* — котельное отделение; *26* — пост энергетики; *27* — отделение дизель-генераторов; *28* — распределительный щит; *29* — хранилище ЖРО; *30* — разгрузочное отделение; *31* — грузовой трюм; *32* — цистерна чистой воды; *33* — кладовая провизии; *34* — камбуз; *35* — химическая кладовая; *36* — помещение датчиков

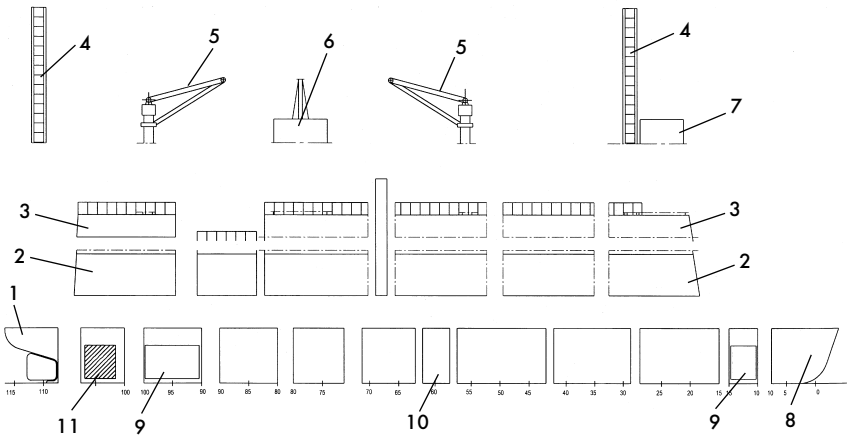


Рис. 4. **Плавучая контрольно-дозиметрическая станция:**
1 — ахтерпик и румпельное отделение; *2* — помещения первого яруса надстройки; *3* — помещения второго яруса надстройки; *4* — вентиляционные шахты; *5* — поворотный кран; *6* — средняя рубка; *7* — носовая рубка; *8* — шкиперская, шпилевое отделение, форпик; *9* — цистерна ЖРО; *10* — корпус судна; *11* — хранилище ТРО

Разработчиком вышеуказанных документов является ЦНИИТС. Технология приведения радиационно опасных объектов в безопасное состояние предусматривает применение оборудования общепромышленно-

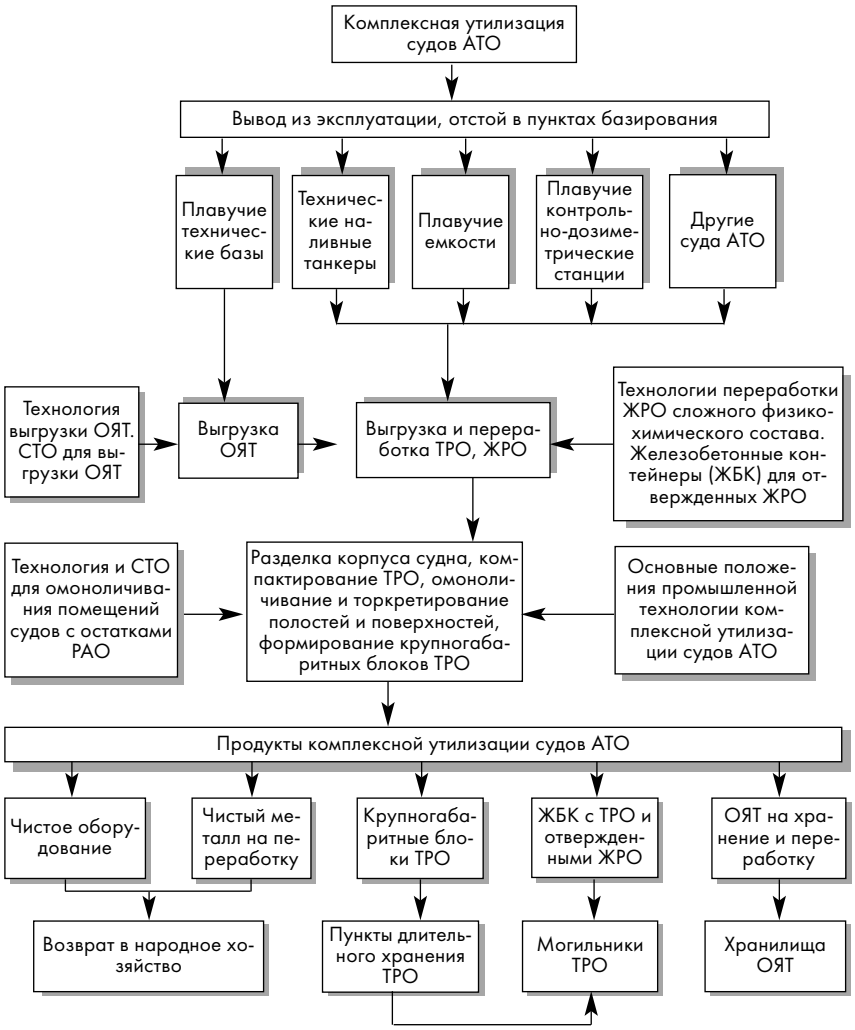


Рис. 5. **Принципиальная схема комплексной утилизации судов АТО**

го исполнения, применяемого в гражданском строительстве.

Вопрос передачи упаковок на захоронение должен решаться по мере готовности регионального могильника для захоронения крупногабаритных блоков ТРО. Принципиальная схема комплексной утилизации судов АТО показана на рис. 5.

Утилизация судов АТО и создание корпусных упаковок для длительного хранения должны производиться на основе комплексного инженерного и радиационного обследования судов с учетом их конструктивно-технологических особенностей, радиационной обстановки на судне и производственных мощностей конкретных заводов, выполняющих их утилизацию.

Литература

1. *Павлов А. С.* Военные корабли СССР и России, 1945—1995 гг. Якутск, 1994.

2. *Саркисов А. А.* Потенциальная радиационная и экологическая опасность, связанная с выводом из эксплуатации и утилизацией ПЛА, и пути ее минимизации//Материалы междунар. семинара «Научные и технологические проблемы вывода из эксплуатации стационарных и транспортных ядерных энергетических установок». СПб, май 1997 г.

3. *Герасимов Н. И., Александров Н. И.* Основные направления утилизации энергетических отсеков АПЛ и проблемы вывода из эксплуатации и утилизации АПЛ//Междунар. семинар. М., 19—22 июня, 1995.

КОНФЕРЕНЦИЯ ПО РЭБ

20 апреля 2004 г. в Санкт-Петербургском Доме ученых состоялась научно-практическая военно-морская историческая конференция, посвященная 100-летию радиоэлектронной борьбы (РЭБ) и радиоэлектронной разведки. Ее организаторы — Санкт-Петербургское морское собрание, Военно-морской институт радиоэлектроники им. А. С. Попова (ВМИРЭ) и Военно-морская академия им. Н. Г. Кузнецова (ВМА).

Первыми с приветствиями к участникам конференции выступили председатель Санкт-Петербургского морского собрания Н. В. Орлов и начальник службы РЭБ ВМФ контр-адмирал Ю. В. Ефимов.

Доклад «Радиоэлектронная разведка и радиоэлектронная борьба в русско-японскую войну (1904—1905 гг.)» сделал М. А. Партала (ВМИРЭ). Проведенные исследования показали, что первопроходцами в РЭБ были русские моряки. В 1903 г. в книге «Свод военно-морских сигналов. Двухфлажная сигнальная книга. Походные, эволюционные и боевые сигналы» появились два новых сигнала: «Мешать переговорам неприятеля по телеграфу без проводов» и «Неприятель производит сигнализацию телеграфом без проводов». Эти сигналы вошли и в трехфлажную сигнальную книгу, изданную в 1904 г. Появление в столь важном документе ВМФ сигналов, имеющих прямое отношение к РЭБ и разведке, можно рассматривать как свидетельство официального признания РЭБ.

Решающий шаг, позволивший перевести идеи РЭБ в военную практику, был сделан вице-адмиралом С. О. Макаровым в первые дни войны с Японией. Вступив 24 февраля 1904 г. в командование флотом Тихого океана, он 7 марта (даты по старому стилю) издал секретный приказ № 27, которым предписывалось принять к руководству, что «беспроволочный телеграф обнаруживает присутствие, а потому ... поставить телеграфирование под контроль... Приемная часть телеграфа должна быть все время замкнута... если будет чувствоваться неприятельская депеша, то ... определить приблизительное направление на неприятеля...»

Меры по нарушению радиосвязи противника впервые в бою русские моряки применили 2 апреля (15 апреля по новому стилю) 1904 г., когда броненосец «Победа» и станция Золотой горы в Порт-Артуре «начали перебивать большой искрой неприятельские телеграммы» японских кораблей («Ниссин», «Касуга», «Такасаго»), одни из которых, маневрируя, вели огонь по внутренней гавани, а другие, находясь вне зоны обстрела крепости, по телеграфу корректировали обстрел. Таким образом, речь идет о создании преднамеренных радиопомех. Именно эти события легли в основу учреждения Дня специалиста РЭБ, который в соответствии с приказом МО РФ № 183 (1999 г.) ежегодно отмечается 15 апреля.

Различных исторических аспектов РЭБ касались и другие доклады и сообщения: «Радиоразведка русского императорского флота на Балтийском море. История создания» (Д. Н. Симонов — ВМА), «Проблема электромагнитной совместимости. История возникновения и пути ее решения в отечественном ВМФ» (Л. И. Золотинкина — СПбГЭТУ «ЛЭТИ»), «Малоизвестные страницы радиоинформационной борьбы периода Великой Отечественной войны 1941—1945 гг.» (В. Б. Гончаров — НИИ «Вектор»), «Подготовка морских специалистов РЭБ. Исторический аспект» (А. П. Ильин — ВМИРЭ), «Военно-морская академия в истории развития РЭБ» (Н. А. Маслов — ВМА), «История развития средств радиоэлектронного подавления радиосвязи ВМФ» (А. Н. Бородавкин — НИЦ Связи), «Зарождение и развитие гидроакустического подавления в отечественном ВМФ» (Ю. Ф. Тарасюк — НИЦ РЭВ).

На конференции, которую вел председатель военно-исторической секции Дома ученых РАН профессор С. П. Сирый, состоялась презентация книги «Радиоэлектронная борьба в военно-морском флоте от Порт-Артура до наших дней», которая недавно издана московским издательством «Оружие и технологии».

ИНРЫБПРОМ

Девятая Международная специализированная выставка современных средств воспроизводства и использования водных биоресурсов «Инрыбпром-2004» (22—26 июня 2004 г.) организована ВАО «Ленэкспо» и ЗАО «Транстех Нева Эксибишнс» (раздел судостроительной промышленности и флота). Это важнейшее событие для рыболовной отрасли и судостроительной промышленности — ведь такие выставки с большим успехом проводятся с 1968 г. на протяжении более 30 лет.

На предыдущей выставке 2002 г. подавляющее число экспонентов (82%) было из России, причем в наибольшей степени были представлены Санкт-Петербург (46%) и Москва (20%); далее следовали Калининград и Мурманск (по 6%), Астрахань и Нижний Новгород (по 2,5%) и др. Из ближнего и дальнего зарубежья активнее других были Германия (24%) и Украина (17%); не обошли вниманием выставку Дания и Польша (по 10,4%), Исландия, Франция и Эстония (по 6,9%), а также Латвия, Швеция, Норвегия, Кипр, США, Испания, Литва, Финляндия, Япония, Австрия, Великобритания. Предложения продукции и услуг укрупненно можно было разделить на две основные группы: промысел и переработка — 57,8% участников; судостроение и флот — 35,9%.

Главная задача судостроителей на выставке «Инрыбпром» — продемонстрировать возможности отрасли по созданию конкурентоспособных промысловых, рефрижераторных и других судов, представить новые проекты судов, предложить эффективное судовое оборудование. Предприятия и организации судпрома выступают на «Инрыбпроме-2004» с объединенной экспозицией (организатор — ФГУП ЦНИИТС) и с индивидуальными стендами.

СТРОИТЕЛЬСТВО ТРАУЛЕРОВ НА «ЗВЕЗДОЧКЕ»

Судоверфь ФГУП «МП "Звездочка"» 50 лет успешно занимается ремонтом и модернизацией кораблей ВМФ. Завод обладает высоким производственным потенциалом. Современная и стабильная структура организации производства, опыт решения сложных технических задач и высококвалифицированные инженерные и рабочие кадры позволяют выполнять самый широкий спектр заказов. Постоянные и отлаженные взаимные контакты с зарубежными заказчиками из Индии, Норвегии, Нидерландов позволили наработать достаточный опыт современного менеджмента. Более 8 лет «Звездочка» занимается постройкой судов гражданского назначения. Это сухогрузные суда пр. 16900, средние морозильные траулеры пр. 50010.

Успешно эксплуатируются в морях северного региона два траулера пр.50010. Опыт показал, что организация строительства этих траулеров на предприятии была своевременным и правильным решением. Судно оказалось очень удачным. В условиях снижения запасов рыбы донных пород, насущной потребности в обновлении рыболовного флота и необходимости повышения его рентабельности траулер показал себя очень хорошо. При его выборе были проанализированы проекты всех действующих и находящихся в разработке судов. В результате ЦКБ «Шхуна» был создан абсолютно новый проект, способный эффективно работать на средних объемах выделяемых сырьевых ресурсов (т.е. на объемах квот 1000—2000 т в год).

Траулер «Ягры» в Норвежском море

Судно предназначено для промысла донным и пелагическим тралами, переработки рыбы на мороженую продукцию в широком ассортименте: филе, разделанная рыба, прилов, креветка, измельченные отходы от разделки рыбы. Качество продукции, благодаря высокотехнологичному оборудованию рыбообрабатывающего цеха, соответствует мировым стандартам. Эксплуатация показала высокую эффективность работы траулера.

Техническая характеристика траулера

Основные размерения, м:	
длина (наибольшая)	38,5
ширина	10,2
осадка	4,23
Длина промысловой палубы, м	26
Водоизмещение наибольшее, т	950
Автономность по запасам, сут	55
Мощность, кВт:	
главного двигателя	1080
валогенератора	500
вспомогательного дизель-генератора	300
Движитель	ВРШ
Средняя скорость хода, уз	11
Время циркуляции (4,5 корпуса), мин	не более 12
Тяговое усилие, тс	24

Вывод траулера «Ягры» из эллинга предприятия «Звездочка»

Траулер «Ягры» на стапеле предприятия «Звездочка»

Ходовая рубка траулера «Архангельск»

Судно обладает высокой мореходностью (бак и промысловая палуба не заливаются в любой шторм). Вести промысел можно при волнении моря до 6—7 баллов.

Рабочий коэффициент судна (время работы на промысле) достигает 91% при среднем уровне 10 т/сут (максимально до 30 т/сут).

Промысловое устройство — траловый комплекс фирмы «Rapp Hydema» (тяговые характеристики — от 5 до 23 тс). Высокую эффективность промысла обеспечивает система автотрала «PTS Pentagon».

Экипаж из 20 чел. при малых размерах судна имеет комфортные условия обитания (сауна, прачечная, душевые, салон с видеоаппаратурой, камбуз с современным оборудованием, 1—2-местные каюты).

Энергетическая установка оптимальна с точки зрения обеспечения необходимых характеристик судна и экономичности эксплуатации, обладает высокой степенью автоматизации (24-часовой режим без постоянной вахты в машинном отделении) при среднем расходе топлива — 3 т/сут.

За время эксплуатации отмечено, что энергетическая установка надежна и мобильна.

Ходовая рубка укомплектована современным оборудованием, включая автопилот, средства связи, навигации и локации. Рефрижераторная установка и современное оборудование рыбообрабатывающего цеха позволяют обеспечить переработку и заморозку 18 т рыбной продукции в сутки (филе — до 7 т/сут, разделанной рыбы — до 8 т/сут).

Для рыболовного судна главное — это его промысловые характеристики, экономичность достижения этих характеристик, механизация работ, гибкая технология переработки рыбы и автоматика в управлении. Все это есть на траулере пр. 50010. Это судно — новая концепция в рыбной промышленности.

Траулер «Ягры» на промысле

Первые суда строились в кооперации с норвежской верфью «Kimek», где устанавливалось траловое и рыбообрабатывающее оборудование, что позволило наладить хорошие партнерские отношения. Траулеры могут быть построены как по схеме международной кооперации, так и полностью на ФГУП «МП "Звездочка"». Сроки строительства в среднем составляют: в первом случае — около 14 мес, во втором — около 12 мес.

Цена траулера зависит от комплектации и выбора оборудования по желанию конкретного заказчика. Мы открыты для сотрудничества и готовы строить траулеры для любого заказчика и региона и уверены, что наши суда — это будущее рыболовного флота.

А. Г. Бычковский, начальник отдела гражданского судостроения ФГУП «МП "Звездочка"»

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
ЗВЕЗДОЧКА
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ

ФГУП «Машиностроительное предприятие "Звездочка"»

164509, Россия, Архангельская обл.,
Северодвинск,
пр. Машиностроителей ,12
Тел: (81842)7-72-83, 7-08-01
Факс: 7-72-83
E-mail: shiroky@star.ru

«ТРАНЗАС» РАСШИРЯЕТ СФЕРУ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Группа компаний «Транзас» (TRANsport SAfety Systems) — отечественный производитель и поставщик береговых систем безопасности судоходства, морского и авиационного бортового оборудования, интегрированных навигационных комплексов, морских и авиационных тренажеров. Ядром группы является основанное в 1990 г. в Санкт-Петербурге ЗАО «Транзас», сделавшее ставку на продукцию высоких технологий.

Сейчас судовое оборудование с маркой «Транзас» успешно используется более чем на 5000 судах, яхтах и кораблях 30 стран; свыше 1 млн векторных электронных карт собственной разработки продано пользователям по всему миру; более 250 учебно-тренажерных центров в десятках стран оснащено тренажерами «Транзас»; береговые системы управления движением судов (СУДС «Транзас») функционируют более чем в 40 портах.

В 2003 г. «Транзас» осуществил свыше 50 крупных проектов, в числе которых — оснащение СУДС 15 портов в России, Туркменистане, Великобритании, Намибии и о. Тайвань, поставка ГМССБ (Глобальная морская система связи при бедствиях) в четыре порта, установка системы управления чрезвычайными ситуациями в нескольких регионах России, поставка крупнейшего навигационного тренажера в России в ГМА им. адмирала С. О. Макарова и ряд других организаций страны, а также в Хорватию, Китай, США, Финляндию, Бангладеш, Турцию, Кипр, Ямайку и др., поставка судового навигационного и другого оборудования на танкер-продуктовоз «Троицкий мост» дедвейтом 47 400 т, служебно-разъездной катер представительского класса «Буревестник», теплоход «Рус» и т. д. Электронные карты «Транзас» начали использоваться на патрульных катерах греческой береговой охраны, а электронно-картографическая навигационная информационная система Navi-Sailer 3000 — на судах в Чили.

Годовой оборот группы к 2004 г. достиг 55 млн дол., дистрибьюторская сеть развернута в 80 странах, численность сотрудников петербургских подразделений за последний год возросла в полтора раза, превысив 700 чел.

Поэтому именно производственной необходимостью было вызвано приобретение у завода им. Козицкого комплекса зданий общей площадью свыше 30 000 м^3 на Васильевском острове Санкт-Петербурга.

19 марта 2004 г. состоялась церемония открытия нового административно-производственного корпуса (12 000 м^3), в реконструкцию которого было вложено 7,5 млн дол. Здесь теперь располагаются учебно-демонстрационное подразделение с тренажерами и судовыми системами собственного производства (например, навигационный мостик для транспортных/рыбопромысловых судов и военных кораблей), производственные участки для системной интеграции и монтажа морских навигационных тренажеров, СУДС и бортового оборудования, сервисный центр и ремонтная мастерская, технологические подразделения по созданию специализированного программного обеспечения, опытных образцов электронных приборов и устройств, электронных карт, баз данных.

Новое направление деятельности — создание крупномасштабных информационно-развлекательных комплексов, позволяющих совершать виртуальные путешествия, находясь в почти настоящей кабине корабля. Первый такой комплекс, построенный на базе профессиональных тренажерных технических средств и игровых компьютерных технологий, — это виртуальный корабль, очень похожий на КВП типа «Зубр», действующий против неприятеля с использованием полного набора вооружения — пушек, пулеметов, ракет и торпед.

По мнению специалистов «Транзас», подобные комплексы, дающие возможность совершать виртуальные путешествия на суше, в воздухе, под водой, в космосе и ощутить себя на борту любого, самого фантастического корабля, выведут индустрию развлечений на более высокий уровень, совмещая образовательные и развлекательные функции.

В своей же традиционной деятельности согласно заключенным контрактам «Транзас» в 2004 г., в частности, планирует завершить создание региональной системы безопасности мореплавания в восточной части Финского залива и установить свое оборудование на суда, которые сейчас строятся на Адмиралтейских верфях, Астраханской верфи, заводе «Красное Сормово», Выборгском, Волгоградском и Онежском судостроительных заводах.

Главный офис группы компаний «Транзас» в Санкт-Петербурге

ВИДНЫЙ КОРАБЛЕСТРОИТЕЛЬ РОССИИ

26 июня 2004 г. исполняется 90 лет известному конструктору и ученому в области подводного кораблестроения, лауреату Ленинской премии, заслуженному технологу Российской Федерации, кандидату технических наук Борису Константиновичу Разлетову.

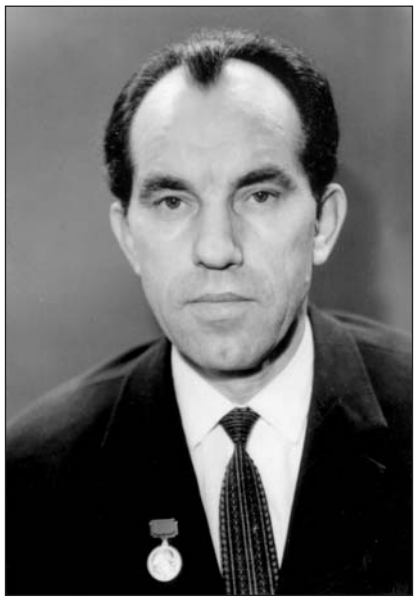
В 1934 г. он поступил после рабфака в ЛКИ и окончил его с отличием в 1940 г. Его дипломный проект «Большая крейсерская подводная лодка» получил высокую оценку выдающегося ученого и главного конструктора подводных лодок Б. М. Малинина. После окончания института Б. К. Разлетов был направлен на работу в ЦКБ-18 (ныне — ЦКБ МТ «Рубин»), а в июне 1941 г. ушел добровольцем на фронт и воевал рядовым по август 1943 г.

Еще молодым инженером Б. К. Разлетов начал специализироваться на расчетах прочности корпусных конструкций подводных лодок (ПЛ), участвовал в подготовке монографии известного специалиста В. Ф. Сегаля «Строительная механика подводных лодок» и проведении опытно-конструкторских работ по освоению и совершенствованию новых методов расчета критического давления для обшивки и шпангоутов прочного корпуса и напряжений в обшивке прочной рубки овальной формы, разработанных академиком В. В. Новожиловым.

Борис Константинович совместно с профессором В. Ф. Сегалем исследовал эффективность применения для прочных корпусов стали повышенного сопротивления. Эти вопросы была весьма актуальны в начале проектирования ПЛ пр. 613 и последующих проектов.

Несмотря на большую производственную нагрузку, Б. К. Разлетов уделял внимание и педагогической работе: в 1943—1945 гг. он вел курс «Сопротивление материалов» в ЛКИ и курс «Теория упругости» в Военно-морской академии. В 1946 г. ЦКБ-18 издало «Справочник конструктора-подводника», в подготовке которого Борис Константинович принял активное участие.

В 1951—1952 гг. Б. К. Разлетов в ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова возглавлял секцию и отдел строительной механики ПЛ. В 1952 г. он закончил заочную аспирантуру и под руководством академика В. В. Новожилова успешно защитил кандидатскую диссертацию.



Б. К. Разлетов

С 1952 по 1953 г. Б. К. Разлетов под руководством В. Н. Перегудова работал в группе по разработке концепции и предэскизного проекта первой отечественной атомной подводной лодки (АПЛ) пр. 627. Он разработал основные данные конструкции корпуса и выполнил расчеты их прочности.

В 1948 г. было образовано СКБ-143 (ныне — СПМБМ «Малахит»), в котором Борис Константинович с 1953 г. продолжил работы по АПЛ пр. 627 на должностях начальника корпусного отдела, заместителя главного конструктора проекта, главного конструктора корпусной специализации, а в период постройки АПЛ проводил испытания крупномасштабной конструкции корпуса с многократной вырезкой и вваркой съемного листа прочного корпуса.

За создание первой отечественной АПЛ Б. К. Разлетов был удостоен звания лауреата Ленинской премии.

С 1958 по 1974 г. Борис Константинович работал главным инженером СКБ-143. За эти годы он внес большой вклад в проектирование, постройку и сдачу Военно-Морскому Флоту АПЛ пр. 671, 671РТ, 645, 705 и других. Особую новизну и сложность представляли приоритетные научно-технические и конструкторские задачи, связанные с внедрением титановых сплавов, комплексной автоматизацией, применением атомных энергетических установок с жидкометаллическим теплоносителем, новых систем вооружения и обитаемости.

С 1974 по 1987 г. Б. К. Разлетов успешно выполнял обязанности главного конструктора АПЛ. В эти годы были заложены и разработаны научно-технические основы, начато проектирование и строительство АПЛ III и IV поколений. За годы своей работы он создал в бюро школу проектирования корпусов АПЛ, воспитал многих учеников. Длительное время возглавлял одну из лучших в отрасли первичную организацию НТО судостроителей им. академика А. Н. Крылова.

В период с 1987 по 2001 г. Б. К. Разлетов в должности старшего научного сотрудника сосредоточился на научно-исторической работе, внеся большой вклад в создание музея бюро. Он автор-составитель первого тома «Истории бюро "Малахит"», увидевшего свет в 2002 г. И находясь на заслуженном отдыхе, Борис Константинович не теряет связей с коллективом.

Страна высоко оценила его труд и ратные дела. Он награжден двумя орденами Ленина, орденами Октябрьской Революции, Красной Звезды, Трудового Красного Знамени, Отечественной войны и многими медалями, а также почетными знаками «Ветеран СПМБМ "Малахит"», «Ветеран-подводник», «70 лет Краснознаменному Северному флоту». В марте 2004 г. руководство судостроительной отрасли наградило Б. К. Разлетова знаком «Почетный судостроитель».

Остается только пожелать Борису Константиновичу крепкого здоровья, долголетия и успехов в его работе по сохранению нашего исторического наследия.

ЗАРУБЕЖНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Судостроение Японии. Согласно «World Shipbuilding Statistics» (Lloyd's Register) мировой портфель новых заказов на транспортные суда в 2002 г. составил 30 595 000 рег. т брутто (брт) — на 16,2% меньше, чем в 2001 г. При этом доля Японии была 42,3% (12 944 000 брт, – 11% к 2001 г.), Южной Кореи — 31,9% (9 755 000 брт, – 17,6%), Китая — 12,6% (3 840 000 брт, – 6,8%), Западной Европы (стран — членов AWES) — 5,3% (1 621 000 брт, –56%).

По статистическим данным японского правительства, учитывающего суда вместимостью 2500 брт и более (исключая пассажирские), в 2002 г. японские верфи получили заказы на 299 судов суммарной вместимостью 10 621 000 брт (–23,6%). Большая часть из них — 94,2% — экспортные (10 004 000 брт, –28%).

В течение 2002 финансового года японские верфи заложили 359 судов (14 034 000 брт, +14,5%), спустили на воду 319 судов (11 723 000 брт, –5,3%) и завершили постройку 317 судов (11 881 000 брт, +1%). Объем продаж 18 крупнейших судостроительных компаний, входящих в Ассоциацию судостроителей Японии, был 6355 млрд йен (–4%); при этом на долю судостроения, судоремонта и переоборудования судов пришелся лишь 21% — 1329 млрд йен (–1,1%), остальное — тяжелое машиностроение, общепромышленная продукция и др. Судоремонт, модернизация и переоборудование судов дали 98 млрд йен (–2%).

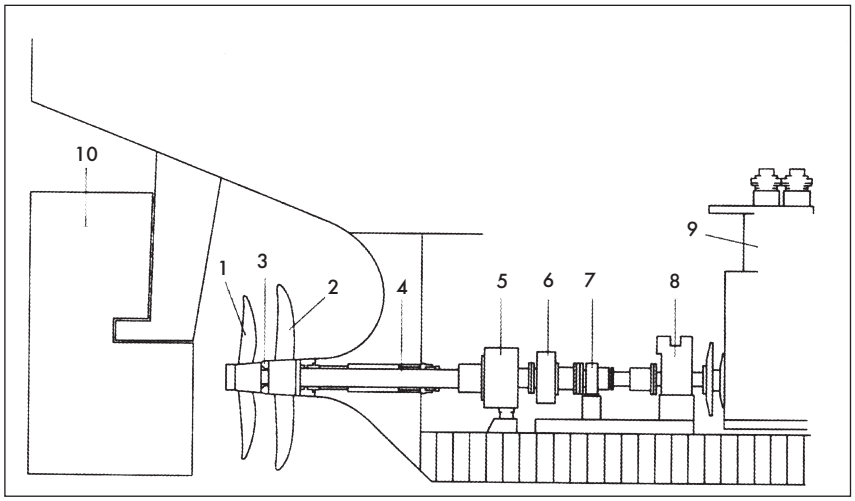
По данным Lloyd's Register вместимость заказанных в первом квартале 2003 г. новых транспортных судов оценивалась в 15 378 000 брт, причем лидировала Южная Корея с 9 659 000 брт (или 62,8%), затем следовали Япония — 3 614 000 брт (23,5%), Китай — 646 000 брт (4,2%) и Западная Европа — 599 000 брт (3,9%).

На конец июня 2003 г., с учетом ранее полученных заказов, портфель японских верфей включал в себя 384 судна вместимостью 16 097 000 брт — на 7,2% меньше, чем годом ранее. В апреле 2003 г. численность работников в японской судостроительной промышленности была 109 000 чел., в том числе непосредственно на верфях — 44 000 (*Shipbuilding in Japan 2003. Ship & Ocean Foundation. Tokyo, 2003*).

В первом квартале 2004 г. южнокорейские верфи получили рекордное число заказов. По данным министерства торговли, промышленности и энергетики страны к концу марта вместимость 159 заказанных судов достигла 5 260 000 комп. рег. т, что на 31% больше по сравнению с тем же периодом 2003 г. Hyundai Heavy Industries сообщила о размещении на ее верфях заказов на 54 судна общей стоимостью 3,95 млрд дол. (в первом квартале 2003 г. было 37 судов стоимостью 1,78 млрд дол.); Hyundai Mipo Dockyard — о 49 судах стоимостью 1,72 млрд дол.; STX Shipbuilding — о 39 судах стоимостью 1,33 млрд дол.; Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering — о 17 судах стоимостью 1,35 млрд дол. Новые заказы — в основном дорогостоящие, такие как контейнеровозы, супертанкеры, газовозы (*New Ships. 2004*).

Турецкий рыболовный флот — один из крупнейших в регионе Средиземного моря — состоит из 1359 судов, из которых более 500 относятся к средним и крупным, имеющим длину от 20 до 60 м. Обычно суда для турецких рыбаков строятся традиционными методами на небольших верфях и имеют увеличенную ширину для улучшения поперечной остойчивости при работе с сетями. Анализ характеристик рыболовных судов, выполненный в кораблестроительном отделении Технического университета в Стамбуле (Ahmet Dursun Alkan «The Turkish fishing fleet: technical features and design evaluations»), показал, что у них малое отношение длины к ширине L/B = 3,1...3,8 при очень высоких отношениях длины к осадке L/T = 11...18 и ширины к осадке B/T = 3,5...5,8; коэффициент общей полноты в среднем 0,7. Как правило, на суда устанавливаются главные двигатели повышенной мощности (*Brodogradnja. 2004. N1. P.21—29*).

Крупнейшую в мире торсионную демпферную муфту со специальной электронной системой контроля (Geislinger Monitoring GMS Mark 4) изготовила австрийская фирма Geislinger для установки на гребном валу танкера дедвейтом 300 000 т, строящегося на японской верфи IHI Marine United для компании Idemitsu Tanker. Муфта имеет диаметр 2,8 м, массу 36,3 т и обеспечивает компенсацию крутильных колебаний вала, на котором устанавливаются два соосных гребных винта противоположного



Крупнейшая в мире торсионная муфта фирмы Geislinger устанавливается на гребном валу танкера дедвейтом 300 000 т :
1 — кормовой четырехлопастный гребной винт; *2* — носовой пятилопастный гребной винт; *3* — уплотние; *4* — гребной вал; *5* — планетарная передача; *6* — торсионная демпферная муфта; *7* — опорный подшипник; *8* — валогенератор; *9* — главный двигатель; *10* — перо руля

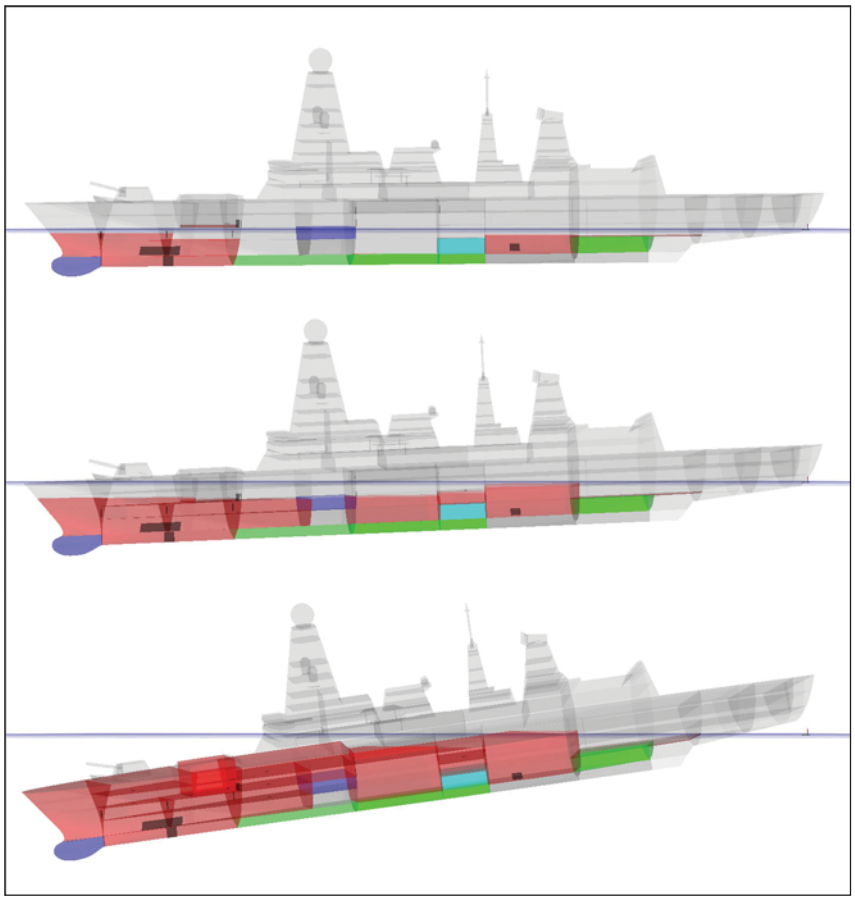


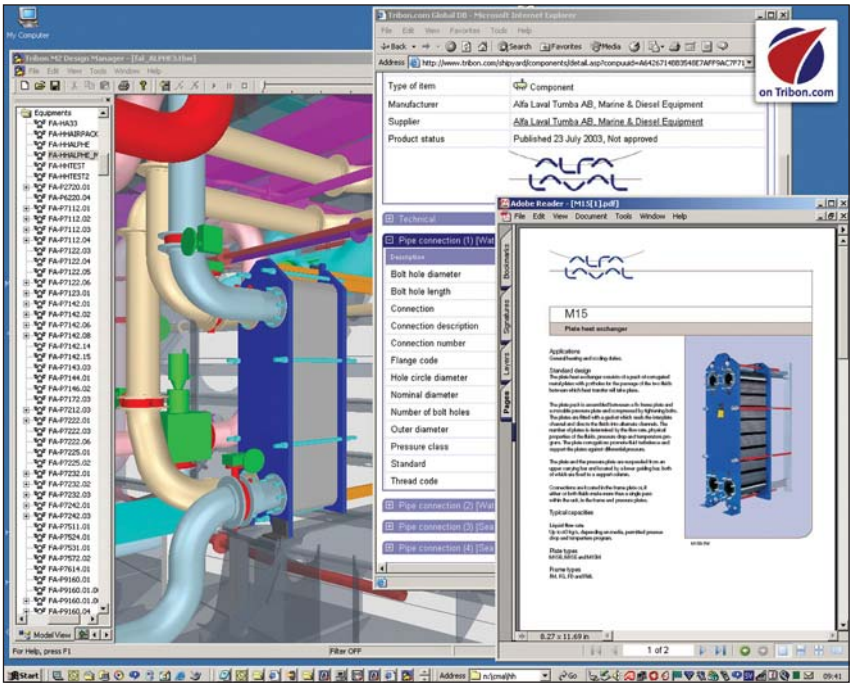
Иллюстрация виртуального затопления корабля с использованием нового модуля в системе Tribon M3

вращения (разработка IHI, впервые примененная на балкере в 1989 г.). Главный двигатель судна — малооборотный дизель Sulzer 7RTA84T-B мощностью 27 160 кВт при 74 об/мин. Муфта устанавливается перед планетарной передачей, которая обеспечивает вращение основного (носового) пятилопастного гребного винта фиксированного шага с частотой 56,9 об/мин, а кормового (меньшего диаметра) — в противоположном направлении с частотой 74 об/мин (*Marine Propulsion. 2003.XI.P.60*).

Наполненные воздухом «мешки» использованы на американской верфи NAASCO в Сан-Диего (Калифорния), чтобы уменьшить осадку и вывести из сухого дока построенное судно-трейлеровоз. Технология разработана и применена подразделением Water Weights калифорнийской фирмы Imes Inc с участием английской фирмы JW Automarine. Каждая прикрепленная к подводной части судна и заполненная воздухом емкость имела водоизмещение 35 т; воздух поступал от судовых компрессоров посредством разветвленного трубопровода с 40 клапанами (*Sea Technology. 2003.VIII. Vol. 44.N 8.P.76*).

2003 г. для польской судостроительной промышленности был наихудшим за последние 10 лет из-за серьезных финансовых проблем на двух из трех крупнейших верфей страны (Stocznia Gdynia и Stocznia Gdanska), а также банкротства третьей — Stocznia Szczecinska, на базе которой при поддержке правительства в 2002 г. было создано новое предприятие — Stocznia Szczecinska Nowa. В прошлом году судостроительные верфи Польши сдали всего 14 судов суммарной вместимостью 288 210 комп. рег. т — на 16 судов (210 000 комп. рег. т) меньше, чем в 2002 г. Однако в конце 2003 г. портфель заказов включал в себя уже 65 судов (1 630 963 комп. рег. т) общей стоимостью 2,7 млрд дол., что по отношению к 2002 г. больше по вместимости на 32—33%, по дедвейту — на 10% и по стоимости — на 44% (*Schiff & Hafen. 2004. N 4. S.23,24*).

В течение уже нескольких лет (последние три года под наблюдением ABS) для ремонта некоторых корпусных конструкций успешно используются эластомеры по технологии SPS (Sandwich Plate System) английской фирмы Intelligent Engineering. Они весьма эффективны при устранении (сглаживании) бухтиноватости палуб и платформ на накатных судах, поскольку без замены стальных конструкций обеспечивают по-



Пример поиска теплообменника для проекта корабля с помощью банка данных www.tribon.com

сле нанесения гладкую поверхность. Крупнейший контракт на такие работы в 2003 г. заключила компания Stena Line, когда на трех паромах, построенных в 1970-х годах, таким образом были отремонтированы палубы общей площадью 12 000 кв.м. Нанесение полимера для сглаживания поверхностей заняло 60 дней вместо 200, если бы пришлось заменять для этой цели деформированные стальные листы (*Surveyor. Winter 2003/2004. P.8—10*).

По заказу ВМС США компания Moss Maritime вместе с еще несколькими фирмами разрабатывает плавучий аэродром — «Sea Base». Это сооружение «длиной около мили» состоит из трех полупогружных опорных плавучих блоков, соединенных между собой двумя мостовыми конструкциями. Это будет не только плавучая взлетная полоса, но и база для 10 000 морских пехотинцев, танков, амфибийных транспортных средств и т.д. В ее грузовых цистернах сможет храниться 700 000 баррелей топлива (*Surveyor. Winter 2003/2004. P.4*).

Весной этого года авианосец «Midway» открыт для посещения в качестве мемориального музея в Сан-Диего (Калифорния, США). Корабль был построен в 1945г. на верфи Newport News. После почти полувековой службы в 1992г. он был выведен из эксплуатации. В переоборудовании 45000-тонного авианосца в музей участвовала корпорация Northrop Grumman, в которую

Центробежный насос «Cyclon» — новая продукция фирмы Jabsco

сейчас входит верфь-строитель этого корабля (*Sea Technology. 2004.IV. Vol. 45. N.4.P.9*).

Австралийская верфь Austal Ship построила патрульный катер для Республики Йемен — головной в серии из 10 ед. Катер длиной 37,5 м оборудован двумя дизелями Caterpillar V12 (1305 кВт), обеспечивающими скорость 29 уз и дальность плавания до 1000 миль. Вооружение — спаренная 25-мм артустановка и два 12,7-мм пулемета. Вся серия должна быть сдана до конца 2004 г. (*Sea Technology. 2004. IV. Vol. 45. N.4.P.67*).

Новый модуль судостроительной системы Tribon M3 — Continuous Flooding — обеспечивает виртуальное моделирование процесса затопления судна из-за пробоины в каком-либо отсеке. Необходимость анализа таких ситуаций на стадии рассмотрения контрактной документации на постройку нового судна объясняется рядом серьезных аварий, происшедших в последние годы, в частности с автомобильно-пассажирскими паромами. Модуль применим и для военных кораблей.

Между тем шведская фирма Tribon Solutions обновила (Release 8.0) свой сайт в Интернете www.tribon.com для улучшения электронной связи между верфями и поставщиками судового оборудования. В базе данных судостроительных компонентов уже содержится 221 000 изделий поставщиков со всего мира. Причем проектировщик имеет доступ к полной информации — чертежам, спецификациям, сертификатам и трехмерным моделям, которые могут интегрироваться в Tribon Product Information Model (Tribon PIM). Теперь пользователи на верфях и в КБ могут связаться с поставщиками для подтверждения данных по изделиям, получения дополнительной информации. Предусмотрена также автоматическая корректировка запроса при наличии в его тексте орфографических ошибок (*Tribon Solutions News. 2004*).

«Cyclon» — марка нового центробежного насоса английской фирмы Jabsco, который может использоваться в судовых системах охлаждения двигателей, водяного отопления, кондиционирования, а также для перекачки воды, дизельного топлива и др. Его мотор постоянного тока (12 или 24В) обеспечивает подачу 120 л/мин и способен работать 3500 ч; рабочие элементы насоса изготовлены из нержавеющей стали (www.jabsco.com).

БЛИЦ-НОВОСТИ

✓ 28 апреля на стапеле ОАО «Выборгский судостроительный завод» заложен второй танкер дедвейтом 12 000 т (пр. 00210 — ОАО КБ «Вымпел») для казахстанской компании Central Asia Shipping Co. Ltd. Его длина 149,45 м, ширина 17,3 м, высота борта 10,1 м, осадка 7 м.

✓ 17 мая со стапеля ОАО «Красноярская судоверфь» спущено на воду грузопассажирское судно «Хансута Яптунэ» (пр. 2707) для ОАО «Енисейское речное пароходство».

✓ 13 мая в ФГУП СПМБМ «Малахит» состоялось торжественное заседание научно-технического совета бюро, посвященное 100-летию со дня рождения выдающегося конструктора и ученого академика Н. Н. Исанина.

✓ В середине мая ОАО «Моряк» закончило переоборудование первого судна («Астон-трейдер») из десяти для перевозки растительного масла.

✓ ЗАО «Псковская лодочная верфь» приступило к постройке самоходных плавучих дач (10,5 х 4 ,5 м) с жилой каютой (18,5 м^2), кухней, душевой и т. д.

✓ ОАО «Синтез-Кировец» планирует организовать серийную постройку 4-местных катеров на воздушной подушке с двигателями Subaru мощностью 74 кВт.

✓ ОАО «Объединенные машиностроительные заводы» (ОМЗ) в мае приняло решение продать дочернюю компанию ООО «ОМЗ—Морские и нефтегазовые проекты», в которую входят СФ «Алмаз», «Красное Сормово», «Нижегородский теплоход», Волгоградский судостроительный завод, ССЗ им. III Интернационала, ЦКБ «Коралл», Friede & Goldman. Согласно пресс-релизу ОМЗ, продажа будет осуществлена по схеме «management buyout», т. е. покупателями выступит пул менеджеров ОМЗ—МНП в количестве более 40 чел. Стоимость ОМЗ—МНП определена независимым оценщиком в размере 1450 млн руб. Менеджеры приобретут 85% долей общества, на первом этапе ими будут Михаил Айвазов, Владимир Андрияшин, Леонид Грабовец, Николай Жарков, Михаил Косолапов, Сергей Липский и Сергей Николаев (www.omz.ru).

✓ ОАО «Костромской ССЗ» передал в мае заказчику — ОАО «Самарский БЭСТ» — построенную нефтеналивную баржу грузоподъемностью 5000 т.

«СТЕРЕГУЩИЙ»
(К 100-летию подвига)

Н. Н. Афонин (ФГУП ЦНИИТС)

Имя этого миноносца золотыми буквами вписано не только в историю русско-японской войны 1904—1905 гг., но и в боевую летопись Российского флота. Об этом корабле в начале XX века слагали песни. Ему поставили великолепный памятник на одном из красивейших проспектов Санкт-Петербурга — Каменноостровском. Его имя по традиции передается кораблям русского флота.

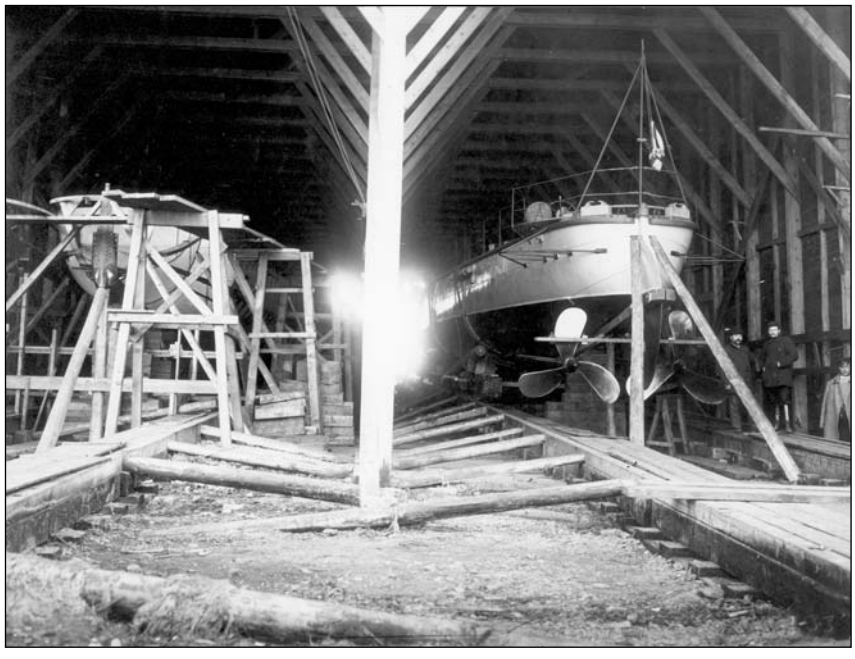
Миноносец «Стерегущий» (до 9 марта 1902 г. — «Кулик») принадлежал к миноносцам типа «Сокол», решение о строительстве которых было принято управляющим Морским министерством вице-адмиралом П. П. Тыртовым вскоре после утверждения кораблестроительной программы «для нужд Дальнего Востока». Поскольку эти корабли должны были служить на Дальнем Востоке, то основной проблемой стала их доставка на Тихий океан. Решили ее путем постройки разборных миноносцев, которые по частям можно было погрузить на пароходы и доставить в один из дальневосточных портов. Следует заметить, что некоторый опыт по отправке кораблей в разобранном виде во Владивосток уже имелся. В 1889 г. туда доставили разобранные на шесть частей миноносцы «Янчихэ» и «Сучена» водоизмешением по 77 т, а в 1896 — 1897 гг. — уже более крупные (по 120 т) миноносцы типа «Пернов».

В данном случае трудность была в относительно больших размерениях новых миноносцев типа «Сокол». Водоизмещение их по проекту составляло 259 т при наибольшей длине 57,9, ширине 5,67 и высоте корпуса 2,92 м. При этом на заводе-строителе в европейской части России надлежало собрать корпуса кораблей на временных болтах и после приемки инженерами Морского ведомства разобрать на части и упаковать в деревянные ящики для погрузки на пароходы. По частям следовало отправлять и паровые машины, а вот паровые котлы и вспомогательные механизмы грузить целиком. Мощность энергетической установки (3800 л.с.) из восьми котлов и двух машин тройного расширения пара должна была обеспечить скорость хода до 26,5 уз на испытаниях уже после доставки и сборки миноносцев.

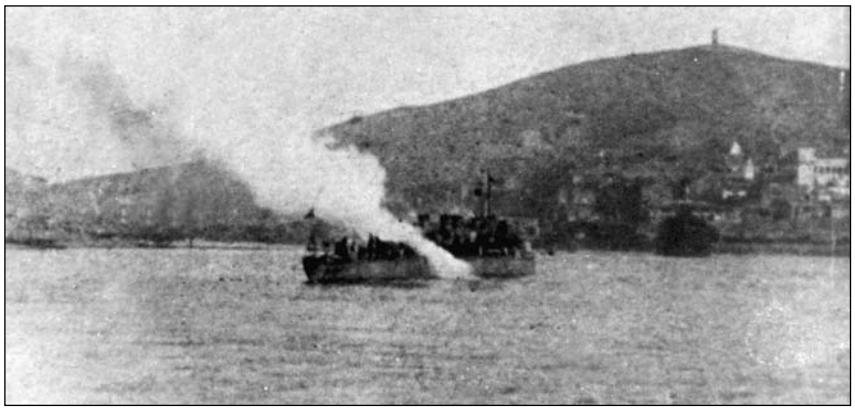
За решение этой задачи взялись казенный Ижорский адмиралтейский завод и частное Товарищество Невского судостроительного и механического завода, на котором в числе прочих началась постройка миноносца, зачисленного 26 декабря 1899 г. в списки флота под наименованием «Кулик».

По контракту первые миноносцы следовало отправить на Дальний Восток уже в сентябре 1899 г. Однако погрузочные работы затянулись и пароход «Нормания», зафрактованный для перевозки первого «невского» и трех «ижорских» миноносцев, смог уйти по назначению лишь в первых числах ноября. Пока пароход неспешно шел на Дальний Восток между Порт-Артуром, Санкт-Петербургом и Владивостоком начался оживленный обмен депешами, вызванный неготовностью Владивостокского порта и Порт-Артура к сборке миноносцев. 30 января 1900 г. главный командир Владивостокского порта вице-адмирал Г. П. Чухнин прямо заявил, что в его распоряжении «эллингов, мастерских, сараев нет, кредитов на их постройку тоже». В марте к нему присоединился главный начальник и командующий войсками Квантунской области и Морских сил Тихого океана вице-адмирал Е. И. Алексеев, считавший, что «несовершенное благоустройство Порт-Артурского адмиралтейства» не дает возможности проводить его силами сборку миноносцев. Однако окончательное решение осталось за управляющим Морским министерством, распорядившимся проводить работы в Порт-Артуре силами Невского завода, для чего « устроить на Тигровом Хвосте временный эллинг для сборки трех миноносцев под общей крышей».

В течение 1900 г. в Порт-Артур на пароходах «Владимир Савин», «Эдуард Бари», «Малайя», «Аннам»



Эллинг мастерской Невского завода в Порт-Артуре. 1901 г.



Миноносец «Стерегущий» (наиболее вероятная фотография корабля)

и «Дагмар» доставили корпуса остальных «невских» миноносцев, котлы, машины и другое оборудование. В начале следующего года сюда прибыл представитель правления Невского завода и распорядитель работ по сборке миноносцев капитан 2-го ранга В. Н. Китаев, а вслед за ним стали прибывать и служащие Невского завода (54 чел.). В середине февраля работы по постройке эллинга и стапелей были закончены, и в середине апреля приступили к сборке первого миноносца — «Баклана».В марте 1902 г. «птичьи» имена миноносцев заменили на «прилагательные» — «Кулик» стал «Стерегущим».

Работы по сборке миноносца «Стерегущий» завершились в конце мая 1902 г., 9 июня он был спущен на воду. Достройка проводилась у плавучей плашкоутной пристани, сооруженной вблизи эллинга. По окончании испытаний 20 августа 1903 г. «Стерегущий» был принят в казну, показав на мерной линии скорость 27 уз.

За сутки до нападения японского флота на корабли Тихоокеанской эскадры «Стерегущий» вместе с миноносцем «Беспощадный» нес ночное дежурство по охране подступов к Порт-Артуру. В ночь нападения (с 26 на 27 января 1904 г.) миноносец стоял у стенки отделения Невского завода и смог выйти на внешний рейд лишь около 7 ч утра. После этого начались боевые будни. В составе второго отряда миноносцев «Стерегущий» нес дозорную службу, участвовал в отражении попыток неприятеля перекрыть выход из гавани Порт-Артура с помощью брандеров.

17 февраля в командование «Стерегущим» вступил лейтенант А. С. Сергеев, сменивший Б. Л. Кузьмина-Караваева. Он и повел миноносец в последний бой.

25 февраля около 19 ч миноносцы «Стерегущий» и «Решительный» под общим командованием командира «Решительного» капитана 2-го ранга Ф. Э. Боссе вышли в море. Им надлежало подробно осмотреть побережье и в случае встречи с неприятельскими крейсерами или транспортами провести «внезапную атаку». От боя с миноносцами противника следовало уклоняться «в целях выполнения основного задания — разведки», тем более что по составу вооружения (одно 75-мм, три 47-мм орудия, два торпедных аппарата) миноносцы типа «Сокол» уступали японским миноносцам, которые, как правило, имели на вооружении 76-мм орудие, пять 57-мм пушек и два торпедных (или, как говорили в то время, — минных) аппаратов.

У входа в Дальнинскую бухту с русских миноносцев заметили отблески неприятельского прожектора. Решили атаковать, увеличили ход, но выбросы пламени из дымовых труб указали неприятелю на местоположение русских кораблей и, разделившись на две группы, японские миноносцы попытались окружить их. Пользуясь темнотой и уменьшив ход до малого, отряд русских кораблей смог укрыться у берегов о. Южный Саншантао, но время было упущено. Теперь миноносцы не успевали до восхода луны к островам Эллиот — цели операции, где, по предположению, японцы устроили временную базу для своих миноносцев.

Миноносцы, продержавшись около 3 ч в море и не встретив неприятеля, повернули к Порт-Артуру и увеличили скорость до 16 уз. Но уже через несколько минут такого хода «Стерегущий» начал отставать, и отряду пришлось уменьшить скорость. Около 6 ч, когда миноносцы находился у Ляотешаня, с них заметили в море четыре силуэта. Это были японские миноносцы «Усугумо», «Синономе», «Сазанами» и «Акебоно», возвращавшиеся с внешнего рейда Порт-Артура. Попытка укрыться в море и обойти японские корабли не удалась, и вскоре отряды оказались на параллельных курсах. При этом если «Решительный» был несколько впереди ставшего головным «Акебоно», то «Стерегущий» оказался на траверзе «Акебоно» и «Сазанами» и буквально с первых минут боя был засыпан градом неприятельских снарядов. Когда дистанция сократилась до 2 кб, в бой включились два оставшихся японских миноносца. Отстреливаясь из всех орудий, миноносцы упорно стремились к Порт-Артуру, но уйти удалось одному «Решительному». На «Стерегущем» неприятельским снарядом, разорвавшимся в котельном отделении, вывело из строя два смежных котла, и миноносец стал быстро терять ход.

Можно только догадываться, что творилось на открытой палубе корабля, обстреливаемого четырьмя японскими миноносцами. Дошедшие до нас свидетельства четырех оставшихся в живых моряков «Стерегущего» рисуют картину беззаветной храбрости и мужества экипажа. Командир миноносца лейтенант А. С. Сергеев осколками был ранен в ноги. Он передал командование лейтенанту Н. С. Головизнину и приказал отнести себя к дымовым трубам, где, теряя сознание, подбадривал команду, пока не был убит осколком. Оставшись один против четырех, «Стерегущий» продолжал бой. Его снаряд, попав в борт «Акебоно», разорвался в командирской каюте, в непосредственной близости от кормового патронного погреба. Выясняя характер повреждений, японский миноносец на некоторое время вышел из боя, но вскоре вернулся в строй, заняв место между «Синономе» и «Усугумо». В ходе неравного сражения одно за другим замолкали орудия русского миноносца. Погиб на боевом посту мичман К. В. Кудревич, был убит старший офицер лейтенант Н. С. Головизнин, распоряжавшийся спуском на воду вельбота. Инженера-механика В. С. Анастасова взрывом снаряда выбросило за борт. В 7ч 10 мин орудия «Стерегущего» замолчали. На воде качался лишь разрушенный ос-

тов миноносца без труб и мачты, с искореженными бортами и палубой, усеянной телами его героических защитников.

После того как смолкла последняя пушка «Стерегущего», японские корабли тоже прекратили огонь и собрались вокруг флагманского миноносца «Усугумо». Доклады, полученные начальником отряда капитаном 2-го ранга М. Цуция, дополнили картину боя. Если «Усугумо» и «Синономе» отделались незначительными повреждениями, то в «Акебоно» попало около 30 снарядов, в «Сазанами» — порядка восьми. Среди команд миноносцев были убитые и раненые.

Как только сигнальная станция Золотой Горы в Порт-Артуре донесла, что в море идет бой между миноносцами, командующий флотом вице-адмирал С. О. Макаров приказал крейсерам «Новик» и «Баян» готовиться к выходу в море. Прорвавшийся в Порт-Артур «Решительный» донес о бедственном положении «Стерегущего». Медлить было нельзя, С. О. Макаров перенес свой флаг на «Новик», уже разворачивавшийся для выхода из гавани. Этот поступок С. О. Макарова был настолько необычным, что сразу поднял его престиж на недосягаемую высоту. Командующий флотом не на броненосце, не на броненосном крейсере, каким был «Баян», а на легком безбронном «Новике» спешил на помощь гибнущему миноносцу, пренебрегая собственной безопасностью!

На горизонте появились японские крейсеры, за которыми следовали главные силы адмирала Х. Того. Почувствовав поддержку, японцы, несмотря на приближающиеся русские крейсеры, решились на буксировку «Стерегущего», надеясь увести его как военный трофей. Получивший наибольшие повреждения «Акебоно», приняв на борт раненых и убитых, направился к флагманскому крейсеру «Токива», а «Сазанами» — к «Стерегущему». При подходе к русскому миноносцу японцы подняли из воды раненых — кочегара Ивана Хиринского и минно-машинного квартирмейстера Федора Юрьева.

«Сазанами» остановился недалеко от «Стерегущего», спустил на воду вельбот. Мичман Х. Ямазаки с пятью вооруженными матросами получил приказ перебраться на русский миноносец и подготовить его к буксировке. Подняв на «Стерегущем» свой

26 февраля 1904 г. «Решительный» после прорыва в Порт-Артур подходит к крейсеру «Аскольд». К нему на катере спешит адмирал С. О. Макаров

флаг, японцы осмотрелись: палуба и борта корабля были искорежены попаданиями «десятков больших и малых снарядов», через пробоины около ватерлинии внутрь корпуса при качке проникала вода, жилая палуба была «совершенно в воде» и проникнуть туда японцам не удалось. В своем рапорте Х. Ямазаки отметил, что общее положение миноносца было «настолько ужасное, что не поддается описанию». Каково же было его удивление, когда среди мертвых тел, искореженного и залитого кровью железа японские матросы наткнулись на двух живых матросов — легко раненного кочегара А. Осинина и трюмного машиниста В. Новикова. Вместе с подобранными ранее из воды Ф. Юрьевым и И. Хиринским только четверо остались в живых. Командир, три офицера и 45 матросов «Стерегущего» погибли в бою.

Японцы, переправив пленных на «Сазанами», тщательно осмотрели миноносец, выбросив за борт все горючие предметы, и приготовили его к буксировке. В 8 ч 10 мин был заведен буксир и «Сазанами», постепенно увеличивая скорость, потащил «Стерегущий» в море, навстречу приближавшимся кораблям японского флота.

Однако буксировка наполовину затопленного миноносца, да еще на волнении, оказалась делом далеко не простым — через 18 мин буксир лопнул. Приближавшиеся со стороны Порт-Артура крейсеры «Новик» и «Баян» открыли огонь по застопорившим ход японским миноносцам. Одновременно открыли огонь и молчавшие до этого береговые батареи. Падавшие вокруг русские снаряды, крутая волна и постепенное заполнение «Стерегущего» водой делало дальнейшую буксировку не только рискованной, но и бессмысленной. Оставленный русский миноносец еще около получаса держался на воде, затем в 9 ч 20 мин волны Желтого моря сомкнулись над ним. Затонул «Стерегущий» в 7 милях на OSO от маяка Ляотешань.

Четверо моряков со «Стерегущего» были доставлены в японский порт Сасебо, где их уже ждало письмо от японского морского министра адмирала Ямамото, в котором говорилось: «Вы храбро сражались за свое Отечество и исполнили свой тяжелый долг как моряки... вы молодцы!», далее следовали пожелания полного выздоровления и благополучного возвращения после окончания войны на родину. Насколько восхищение врага было искренним, подтверждает ответ, полученный Н. П. Сергеевой (вдовой командира «Стерегущего») на запрос о судьбе ее мужа, направленный в Морское министерство в Токио через месяц после гибели миноносца.

В нем от имени адмирала Ямамото говорилось: «Изъявляю глубокую симпатию всему экипажу русского миноносца «Стерегущий», который выказал храбрость и решительность в бою против нашего более сильного отряда». В заключение вдове в весьма учтивых выражениях высказывались «самые глубокие соболезнования», поскольку она лишилась своего «славного супруга, погибшего за Отечество».

Одно из первых сообщений на родине о бое и гибели «Стерегущего» появилось в газете «Новое время» от 12 марта 1904 г. Оно и породило красивую легенду о подвиге двух неизвестных матросов, которые, открыв кингстоны, «наполнили родной мино-

Памятник «Стерегущему» на Каменноостровском проспекте в Санкт-Петербурге

носец водой и погребли себя вместе с ним в морских пучинах». Попав на газетные полосы, это сообщение обошло всю Россию. Одновременно большим тиражом разошлась по стране репродукция с картины художника Самокиша-Судковского, изображавшая момент открытия двумя матросами иллюминатора на гибнущем «Стерегущем». В ногах у матросов был изображен маховик от кингстона. Эту композицию использовал скульптор К. Изенберг. Созданная им модель памятника «Двум неизвестным морякам-героям» в августе 1908 г. удостоилась «высочайшего одобрения» царем, и 22 июня следующего года со скульптором был заключен контракт на сооружение памятника.

В распоряжении исторической части Морского генерального штаба не оказалось ни одного документа, в котором содержалось бы упоминание о «подвиге двух неизвестных матросов», открывших кингстоны. Исследование, проведенное и. о. начальника исторической части МГШ старшим лейтенантом Е. Н. Квашниным-Самариным, этого факта также не подтвердило. Показания четырех оставшихся в живых участников боя грешили явными противоречиями. Не помогли и запрошенные в японском Морском министерстве копии донесений о бое начальника 3-го отряда миноносцев капитана 2-го ранга М. Цуция, командира миноносца «Сазанами», капитана-лейтенанта Ц. Кондо и мичмана Х. Ямазаки. Сходились эти документы лишь в одном — в них ничего не говорилось о «неизвестных матросах». Считая, что гибель двух матросов, открывших кингстоны, — «есть выдумка», и «как выдумка она не может быть увековечена в памятнике», Морской генеральный штаб 2 апреля 1910 г. обратился с докладом на «высочайшее имя», в котором спрашивал, «надлежит ли считать предполагавшийся к открытию памятник сооруженным в память геройского самопожертвования двух оставшихся неизвестными нижних чинов команды миноносца "Стерегущий"» или же открыть этот монумент в память геройской гибели в бою миноносца «Стерегущий». «Считать, что памятник сооружен в память геройской гибели миноносца "Стерегущий"» — такова была резолюция императора Николая II. 26 апреля 1911 г. в Санкт-Петербурге на Каменноостровском проспекте в торжественной обстановке открыли памятник с лаконичной надписью — «Стерегущий».

Имена героев были присвоены новым миноносцам — «Инженер-механик Анастасов» и «Лейтенант Сергеев», — собранным во Владивостоке и вступившим в строй уже после окончания русско-японской войны.

Наименование же «Стерегущий» по традиции перешло к спущенному на воду 21 июня 1905 г. минному крейсеру, построенному на добровольные пожертвования. Корабль до 1924 г. числился в списках флота (в классе эскадренных миноносцев). В советский период наименование «Стерегущий» унаследовал заложенный 12 августа 1936 г. эскадренный миноносец пр. 7, спущен на воду 18 января 1938 г., 30 октября следующего года вступил в строй кораблей Краснознаменного Балтийского флота. 21 сентября 1941 г. поврежденный авиацией противника эскадренный миноносец лег на грунт на Восточном кронштадтском рейде. В 1944 г. корабль подняли и после ремонта вновь ввели в состав флота. В послевоенный период (с 1966 по 1993 г.) в составе ВМФ СССР находился большой противолодочный корабль пр.61 «Стерегущий», а в настоящее время это гордое имя по традиции перешло к заложенному на «Северной верфи» головному корвету пр. 20380.

В заключение остается только процитировать Е. Н. Квашнина-Самарина, писавшего в далеком 1910 г.: «Всякому, кто прочел бы и сопоставил все собранные по делу "Стерегущего" материалы и документы, было бы совершенно ясно, насколько велик был подвиг "Стерегущего" даже и без недосказанного мифа... Пусть легенда живет и живит будущих героев на новые беспримерные подвиги, но признайте же, что 26 февраля 1904 года в борьбе с сильнейшим врагом эскадренный миноносец "Стерегущий", потеряв командира, всех офицеров, 45 из 49 матросов, после часового, до последнего снаряда боя пошел ко дну, изумляя врага доблестью своего экипажа!»

КОРАБЕЛЬНАЯ АРТИЛЛЕРИЯ В РУССКО-ЯПОНСКОЙ ВОЙНЕ 1904—1905 гг.

С. И. Титушкин, канд. техн. наук, **В. Б. Прасников**

Главным боевым средством противоборствующих флотов в ходе русско-японской войны 1904—1905 гг. являлась корабельная артиллерия, и прежде всего, крупного калибра. В связи с этим представляет интерес анализ корабельной артиллерии русского и японского флотов, а также сопоставление технической политики каждого из флотов в предвоенный период.

К концу XIX века в результате бурного технического прогресса и анализа боевого опыта практически во всех морских державах утвердилось мнение, что главным оружием флота является корабельная артиллерия. Основой ударной мощи военно-морских сил повсеместно были признаны крупные броненосные корабли: эскадренные броненосцы и броненосные крейсеры.

Орудия крупного калибра (254—343 мм)[1] на эскадренных

[1] Наиболее распространенным был калибр 305 мм.

броненосцах располагались в двух двухорудийных башнях — носовой и кормовой. В русском флоте, как и во флотах ведущих европейских держав, их главной задачей считалось поражение бронебойными снарядами жизненно важных частей вражеского корабля, защищенных наиболее мощной броней. Артиллерия среднего калибра (152—203 мм) находилась в башнях, казематах или, при смешанной схеме, — и в башнях, и в казематах. Из-за более высокой, по сравнению с крупными орудиями, скорострельности именно средний калибр считался в то время главным. Это отразилось во всемерном стремлении к увеличению количества таких орудий.

К началу русско-японской войны в составе Тихоокеанской эскадры числилось семь эскадренных броненосцев: три типа «Полтава», два типа «Пересвет» и два заграничной постройки («Ретвизан» и «Цесаревич»). В состав 2-й Тихоокеанской эскадры адмирала З. П. Рожественского входили восемь эскадренных броненосцев: четыре типа «Бородино», один типа «Пересвет» — «Ослябя» и три корабля единичной постройки: «Сисой Великий», «Наварин» и «Император Николай I».

В японском флоте к началу войны имелось шесть эскадренных броненосцев. Все они были построены в Англии в 1896—1902 гг. По своим тактико-техническим элементам (ТТЭ) они примерно соответствовали русским «Ретвизану», «Цесаревичу» и «Бородино».

Главный и средний калибр броненосных крейсеров составляли соответственно 203—254-мм и 152-мм орудия, однако развитие этого класса кораблей в русском и японском флотах шло различными путями. Русские крейсеры типа «Рюрик» предназначались прежде всего для действия на морских коммуникациях противника и имели казематное расположение 203-мм артиллерии. Только «Баян», единственный башенный броненосный крейсер русского флота, был способен действовать в составе эскадры, однако он располагал всего двумя 203-мм орудиями в двух одноорудийных башнях. Все восемь японских крейсеров имели башенное расположение артиллерии главного калибра и могли эффективно использоваться совместно с броненосцами (это и произошло в сражениях 28 июля 1904 г. в Желтом море и 14—15 мая 1905 г. при Цусиме). Несмотря на то, что японские броненосные крейсеры строились в разных странах (четыре корабля в Англии, два в Италии, по одному в Германии и Франции), они по своим ТТЭ были похожи и вполне соответствовали своему назначению — действовать совместно с броненосцами в составе эскадры. Отечественные броненосные крейсеры (в отличие от японских) не предназначались для участия в эскадренном сражении.

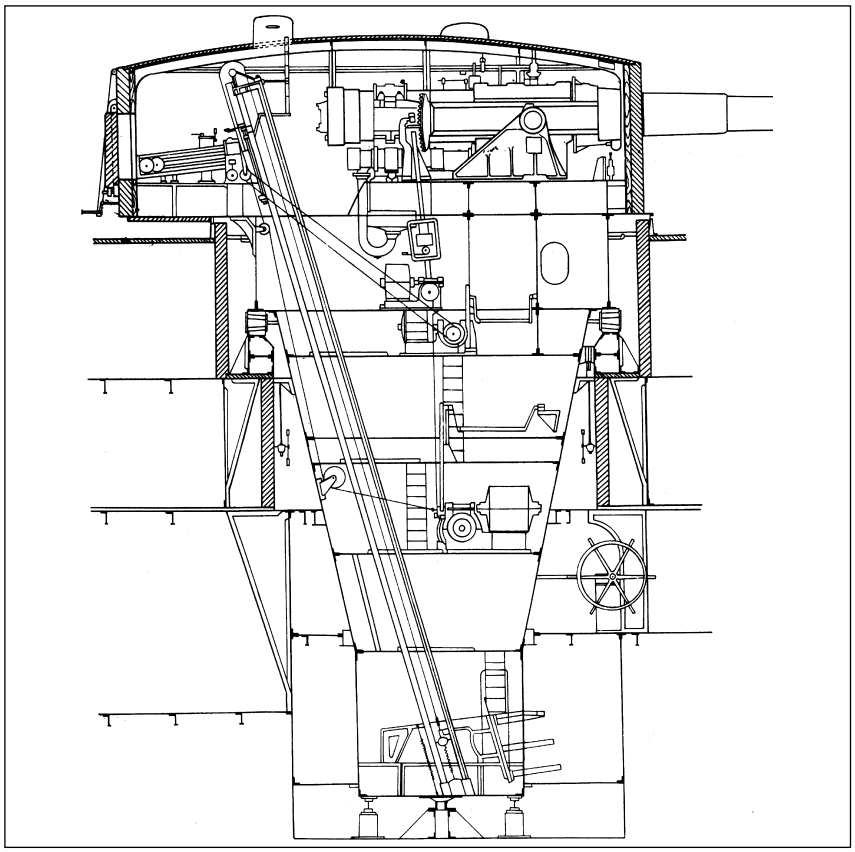
Кормовая 305-мм двухорудийная башня эскадренного броненосца «Петропавловск»

В целом никакого «драматического разрыва», как иногда любят подчеркивать некоторые историки, в техническом уровне противоборствующих сторон не было, а учитывая «интернациональный» характер военного кораблестроения того времени, — и быть не могло.

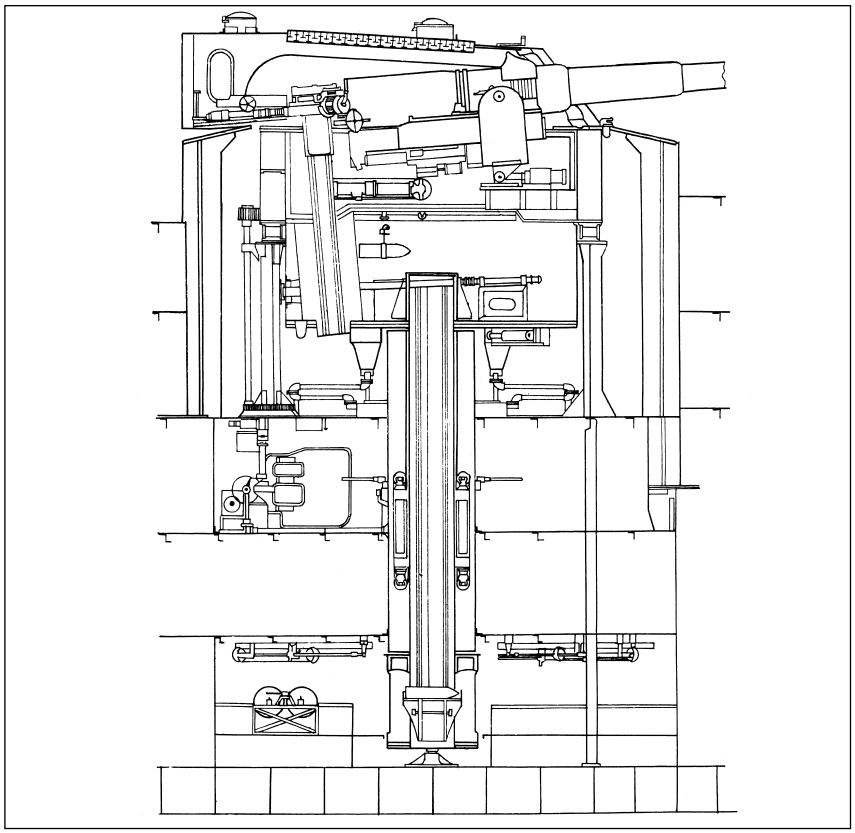
Основные орудия артиллерии главного и среднего калибра кораблей российского флота, принимавших участие в русско-японской войне, принадлежали к двум системам: во-первых, к модификациям отечественных «дальнобойных орудий образца 1877 года» калибра 305, 254, 203 и 152 мм и, во-вторых, к французским «скорострельным орудиям Канэ» — 152, 120 и 75 мм. Все эти образцы поступили на вооружение в основном в 1892—1898 гг. Выпускались они казенными Обуховским сталелитейным и Пермским оружейным заводами и имели совершенную для своего времени конструкцию. Единственным серьезным недостатком 305-, 254- и 203-мм орудий считались их поршневые затворы системы Розенберга, требовавшие для своего открывания и закрывания до 30 с. Остальные орудия последних образцов, будучи патронными, а не картузными, такого недостатка не имели.

На японских кораблях (за исключением нескольких устаревших) была артиллерия английской фирмы «Армстронг» новейших по тому времени моделей. Причем ни по своим баллистическим качествам, ни по конструкции эти орудия не обладали каким-либо решающим превосходством над аналогичными русскими образцами.

Для размещения 305-, 254-, 203- и 152-мм орудий в российском флоте использовались вращающиеся бронированные башни. На эскадренных броненосцах «Император Николай I», «Наварин», «Сисой Великий» и типа «Полтава» башенные установки имели гидравлические приводные механизмы. На «Цесаревиче», «Ретвизане» и типов «Пересвет» и «Бородино»— электрические. Башенные установки японских кораблей, применявшиеся только для орудий калибра 305 мм на броненосцах и 203 мм — на броненосных крейсерах, снабжались гидравлическими приводами. Основные ТТЭ артиллерийских установок приведены в табл. 1 и 2. Из них следует, что русские и японские корабельные артиллерийские установки находились примерно на одном техническом уровне. Ни одна из сторон не имела подавляющего превосходства ни в дальности стрельбы, ни в скорострельности.



Продольный разрез 305-мм башенной установки эскадренного броненосца «Ретвизан»



Продольный разрез барбетной 305-мм орудийной установки японского эскадренного броненосца «Макаса»

В чем же причина поражений русского флота на протяжении всей русско-японской войны, так и не потопившего артиллерийским огнем ни одного (!) крупного японского корабля?

Основным руководящим документом для подготовки корабельных артиллеристов российского флота служили «Правила артиллерийской службы», изданные в 1892 г. К началу войны они уже не отвечали возросшим боевым возможностям корабельной артиллерии. Начатая в 1901 г. разработка новых правил управления артиллерийским огнем, предусматривавших пристрелку «уступом» и поражение цели «струей» с корректировкой стрельбы по наблюдению знаков падения и централизованное управление огнем, завершилась лишь в 1903 г. Но ввести их в действие до начала войны так и не успели. Таким образом, дистанции практических стрельб в российском флоте обычно не превышали 7—15 кб, а для подготовки артиллеристов использовались устаревшие корабли.

Готовясь к решительному бою на короткой дистанции 15—20 кб, командование флота делало ставку на бронебойные снаряды, способные пробивать наиболее толстую броню и поражать жизненно важные части корабля противника (погреба боезапаса и машинно-котельные установки). Поэтому у таких снарядов должны были быть высокая прочность и большая начальная скорость, а также малая масса самих снарядов и их разрывных зарядов. Для повышения начальных скоростей и увеличения настильности траекторий в 1892 г. для всех основных калибров перешли на облегченные снаряды.

Фугасный снаряд, не являясь основным видом боезапаса, не привлек к себе внимания русских артиллерийских специалистов. Именно поэтому, вплоть до начала войны, в России так и не отработали технологию снаряжения снарядов бризантными взрывчатыми веществами типа мелинит[1]. Между тем за рубежом он уже внедрялся повсеместно. Для бронебойного снаряда мелинит не подходил, так как детонировал при ударе снаряда о броню. В результате от него отказались для всех типов боеприпасов морской артиллерии, а использовали влажный пи-

[1]Тринитрофенол (пикриновая кислота) — бризантное взрывчатое вещество. Применялось в конце XIX — начале XX в. под названиями: мелинит (Россия, Франция), лиддит (Великобритания), шимоза (Япония), с/88 (Германия).

роксилин, уступавший в полтора раза мелиниту по мощности взрыва. Стремление же обеспечить подрыв снарядов внутри вражеского корабля привело к снабжению их малочувствительными взрывателями.

Наводка орудий в русском флоте выполнялась с помощью простейших орудийных прицелов. На рубеже XIX и XX веков в их конструкции лишь начали применяться первые оптические приспособления. Внедрялись и еще очень примитивные приборы управления артиллерийским огнем. Они позволяли передавать стреляющим комендорам целеуказание, начальные установки прицела[1] и целика[2], указания типа боеприпасов и рода огня (залпом или беглым). Естественно, все расчеты выполнялись вручную по таблицам и планшетам. При этом шкала дистанций прицелов градуировалась только до 30—40 кб.

Проблематичным в русском флоте оставалось определение дистанции. Она измерялась дальномерами-микрометрами Люжоля—Мякишева, имевшими невысокую точность измерений. Только в конце 1890-х годов началось медленное внедрение первых внутрибазных стереодальномеров.

В японском флоте руководящий документ «Управление судовыми орудиями» ввели в действие в 1903 г. В нем излагались требования и правила постановки огневых задач, выбор дистанций стрельбы, способ управления огнем, сосредоточение огня по главной цели и развитие максимальной скорострельности. В ходе практических стрельб отрабатывалось централизованное управление огнем как одиночных, так и группы кораблей на дистанциях до 40—50 кб. В отличие от русского, японский флот, связанный в гораздо меньшей степени режимом «всемерной экономии», находился в кампании круглый год и выполнял значительно большее количество практических стрельб.

На рубеже XIX и XX веков японцы начали широко внедрять оптические прицелы и стереодальномеры. Русский флот в этом вопросе безнадежно отстал от своего противника.

Таблица 1

Русские корабельные артиллерийские установки

Модель	Общая масса		Дальность стрельбы, кб	Скорострельность, выстр./мин	Носители вооружения
	орудия, т	снаряда, кг			
305/40	43,1	331,7	80	0,7	Новые ЭБР и ЭБР «Сисой Великий»
305/35	56,8	331,7	58	0,3	ЭБР «Наварин»
305/30	51,4	331,7	52	0,3	ЭБР»Император Николай I»
254/45	28,6	225,2	97	0,7	ЭБР типа «Пересвет»
203/45	12,1	87,8	77	2,0	БРКР «Россия», «Громобой», «Баян»
203/35	13,7	87,8	51	0,5	БРКР «Рюрик», «Адмирал Нахимов»
152/45	5,8	41,5	61	4,0	Новые ЭБР и БРКР
152/35	5,1	41,5	49	1,5	Старые ЭБР и БРКР

Примечание. В графе «Модель» указан калибр орудия в мм и длина в калибрах, ЭБР — эскадренный броненосец, БРКР — броненосный крейсер.

Таблица 2

Японские корабельные артиллерийские установки

Модель	Общая масса		Дальность стрельбы, кб	Скорострельность, выстр./мин	Носители вооружения
	орудия, т	снаряда, кг			
305/40	49,8	385,6	82	0,8	ЭБР «Микаса», «Асахи», «Сикисима», «Хацусе»
305/40	49,6	385,6	77	0,25	ЭБР «Фудзи» и «Ясима»
254/45	30,5	226,5	100	0,7	БРКР «Касуга» (в носовой одноорудийной башне)
203/45	20,2	113,3	87	2,0	БРКР «Касуга», «Ниссин»
203/40	16,8	113,3	60	2,0	БРКР «Якумо», «Адзума» и типа «Асама»
152/40	5,9	45,4	55	4,0	Все ЭБР и БРКР

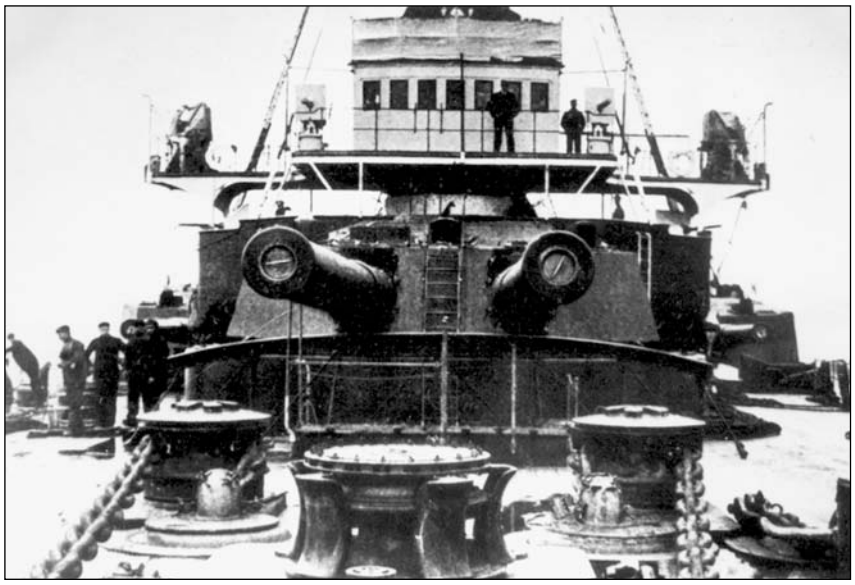
Таблица 3

Расход боезапаса и ориентировочное количество достигнутых попаданий в ходе Цусимского сражения 14—15 мая 1905 г.

Калибр орудий	Русская эскадра	Японская эскадра		
		Главные силы адмирала Того	Отряд крейсеров адмирала Камимуры	Всего
Израсходовано боезапаса, выстрелов				
12" (305-мм)	~1000	446	—	446
10" (254 мм)	~680	50	—	50
9" (229 мм)	261	—	—	—
8" (203 мм)	~500	284	915	1199
6" (152 мм)	~5000	5748	3716	9464
Малый калибр	~5000	4046	3480	7526
Достигнуто попаданий снарядами (из них подорвались штатно)				
12" (305-мм)	40(30)	~30	—	~30
10" (254 мм)	2	~3	—	~3
9" (229 мм)	3	—	—	—
8" (203 мм)	3	~18	~55	~73
6" (152 мм)	46	~350	~230	~580
Малый калибр	58	~200	~280	~480

[1]Прицел (угол прицеливания) — угол в вертикальной плоскости между линией выстрела и линией цели. Углы прицеливания зависят от дальности стрельбы и ряда поправок (на перемещения цели и стреляющего корабля, ветер) и приводятся в таблицах стрельбы для каждого типа артустановок.

[2]Целик — численное значение поправки в угол горизонтального наведения артустановки, учитывающий боковое перемещение цели и стреляющего корабля, боковой ветер и деривацию — боковое отклонение снаряда от плоскости стрельбы под влиянием вращения, приобретенного в канале ствола, а также действия силы сопротивления воздуха и силы тяжести.



Барбетная 305-мм двухорудийная установка с броневым прикрытием японского эскадренного броненосца «Макаса»

Убедившись на опыте японо-китайской войны 1894—1895 гг. в высокой боевой эффективности фугасных снарядов, японцы приложили максимум усилий для их совершенствования. В итоге появились мощные боеприпасы для всех калибров с боевым снаряжением из так называемого «мелинита Шимосе» (более известного у нас как «шимоза») и очень чувствительными взрывателями — «трубками Инджуина». Японские фугасные снаряды были тяжелее соответствующих им по калибру русских и содержали гораздо больше взрывчатого вещества. В то же время бронебойные снаряды японцев значительно уступали отечественным, снаряжались они дымным порохом (!) и не всегда снабжались бронебойными наконечниками. Все это свидетельствовало о том, что данный тип боеприпасов (в противоположность российскому флоту) японские специалисты не считали основным.

Первый же бой 27 января 1904 г. у Порт-Артура японцы начали с дистанции 50 кб. Постепенно она уменьшилась до 22 кб. В этот день впервые наглядно проявилось мощное разрушительное действие японских тяжелых фугасных снарядов по небронированным или слабо бронированным конструкциям русских кораблей, а также хорошее бронебойное действие русских бронебойных снарядов на малых дистанциях (до 20 кб), где русские стреляли точнее японцев. Противник очень быстро сделал необходимые выводы. Уже 28 июля в бою в Желтом море броненосный крейсер «Ниссин» открыл огонь с дистанции 80 кб, причем, обладая превосходством в скорости, японцы стремились удерживать огневую позицию в 35—45 кб от русской эскадры. Когда же в конце боя противники сблизились на 23 кб, а броненосец «Ретвизан» — даже до 17—18 кб, японские корабли получили наиболее тяжелые повреждения.

В Цусимском сражении японцы открыли огонь с дистанции 38—43 кб, и, достигнув бесспорного огневого превосходства в ходе артиллерийской дуэли, сократили ее до 11—18 кб. Основным преимуществом японской эскадры являлся высокий уровень огневого взаимодействия кораблей и отрядов. Противник смог достичь беспрецедентной по тем временам концентрации артиллерийского огня. Так, по флагманскому броненосцу «Князь Суворов» стреляли все четыре японских броненосца и броненосный крейсер «Адзума», а по флагманскому броненосцу 2-го отряда «Ослябя» — остальные семь броненосных крейсеров. Именно это и позволило в короткий срок добиться решающих результатов: через 50 мин после первых залпов «Князь Суворов», тяжело поврежденный и объятый пожаром, вышел из строя, а еще через 15 мин опрокинулся и затонул «Ослябя». Примечательно, что его броневой пояс толщиной 179—229 мм с дистанции более 10 кб не пробивался японскими бронебойными снарядами.

Высокий уровень огневого взаимодействия японских кораблей обеспечивался более совершенной аппаратурой радиосвязи и артиллерийской оптикой. В сложившихся условиях русские корабли могли рассчитывать на успех только при сближении с противником на 10—15 кб — дистанцию, к бою на которой они готовились перед войной. В этом случае на результативность огня практически не влияли бы несовершенство имеющейся артиллерийской оптики, примитивные способы управления артиллерийским огнем и «легкость» бронебойных снарядов с малым содержанием взрывчатого вещества. Однако пассивная тактика боя (а может быть, вообще отсутствие всякой тактики?), выбранная командующим эскадрой вице-адмиралом З. П. Рожественским, не позволила осуществить выбор благоприятной огневой позиции.

Интересны и следующие данные: в ходе Цусимского сражения (табл. 3) русские корабли выпустили примерно столько же снарядов, сколько и японские, причем 305-мм — даже больше. По своему поражающему действию 305-мм снаряд не шел ни в какое сравнение с 203- и 152-мм; лишь попадания 305-, 254- и, в некоторой мере, 203-мм снарядов решали судьбу броненосного корабля. Это отмечали и японские, и русские специалисты, анализировавшие боевые повреждения кораблей, полученные в ходе русско-японской войны. По японским данным в их корабли при Цусиме попало 40 русских 305-мм снарядов (треть из них не взорвалась). Приблизительный подсчет (по времени ведения огня и по фактическому расходу боезапаса на «Орле» и «Императоре Николае I») свидетельствует, что русские броненосцы за время этого сражения выпустили около 1000 таких снарядов. Таким образом, процент попадания (4,5%) соответствует достигнутому немецкими кораблями в победоносном для них Коронельском бою в 1914 г. Совершенно очевидно, что если бы удалось сосредоточить эти попадания на одном—двух японских броненосцах (а лучше броненосных крейсерах!), то результат мог бы быть другим. Безопасное нахождение восьми японских броненосных крейсеров со 152-мм вертикальным бронированием в одной «линии бата-

лии» с броненосцами до сих пор вызывает удивление у специалистов. В Ютландском бою (1916 г.) гораздо более совершенные английские броненосные крейсеры адмирала Арбертнота не могли «выжить» и 15 мин под огнем 280- и 305-мм орудий немецких линейных крейсеров адмирала Хиппера.

Трудно даже вообразить себе, что японцы достигли 10% попаданий. Это само по себе невероятно, так как при сосредоточении огня большого количества (4—5) кораблей с 3—4 стрелявшими калибрами корректировка стрельбы становилась невозможной, тем более, что погода была мглистой, а море — неспокойным (3—4 балла). Это отмечал английский старший морской советник на японской эскадре (тогда еще кэптен) Пэкинхам. Но даже при 100 попаданиях 305-мм и 200 попаданиях 203-мм снарядами при нормальных условиях посадки и боевой готовности русских кораблей можно было бы рассчитывать на потопление при благоприятных обстоятельствах максимум двух броненосцев эскадры З. П. Рожественского.

Налицо вывод о том, что главные недостатки русского флота, повлекшие за собой поражение, крылись в сфере организационных и организационно-технических решений системы его управления. Это и вынудило императора Николая II пойти на коренное реформирование этой системы сразу же после войны. Тяжелое поражение заставило российских военно-морских специалистов, и в частности артиллеристов, сделать ряд горьких, но правильных выводов и наметить перспективы и пути дальнейшего совершенствования отечественной военно-морской техники и вооружения. Большая работа, проделанная для решения этих задач после окончания войны, позволила существенно повысить мощь кораблей русского флота к началу первой мировой войны. Нельзя не отметить, что относительно легкая победа на море «вскружила голову» японским морякам. В японском флоте, практически не воевавшем в первую мировую войну, утверждалась вера во всемогущество японского оружия, в то, что «обнаруженный враг — то же, что уничтоженный враг». Такая самоуверенность стала одной из причин полного разгрома японского флота союзниками в годы второй мировой войны.

Литература

1. РГАВМФ, ф. 418, оп. 1, д. 4447, 4452, 4465.
2. *Кладо Н. Л.* Очерк военных действий на море во время русско-японской войны. СПб., 1906.
3. *Костенко В. П.* На «Орле» в Цусиме. Л.: Судпромгиз, 1955.
4. *Павлович Н. Б.* Развитие тактики военно-морского флота. Ч. 1, 2. М.: Военное издательство, 1979.
5. *Петров А. М. и др.* Оружие Российского флота. СПб.: Судостроение, 1996.
6. *Титушкин С. И.* Корабельная артиллерия в русско-японской войне//Гангут. 1994. Вып. 7.

ПЛАВБАТАРЕИ АМУРСКОЙ ФЛОТИЛИИ

И. И. Черников

Русские землепроходцы впервые появились на Амуре еще в середине XVII в. Это были отдельные отряды казаков. Первоначальная колонизация огромного края шла исключительно водными путями: по Амуру, Зее и Уссури. В середине XIX века, благодаря энергичной деятельности генерал-губернатора Восточной Сибири Н. Н. Муравьева-Амурского, экономическая жизнь существенно оживилась.

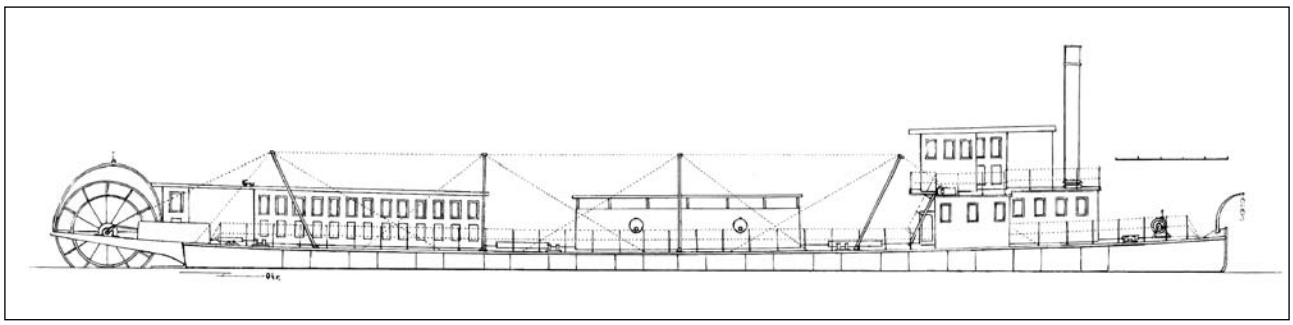
Весной 1852 г. по Амуру пошел пароход «Аргунь», построенный на Шилкинском заводе, а в 1857 г. в Николаевске-на-Амуре собрали и спустили на воду пароходы Сибирской флотилии «Амур» и «Лена».

С 1857 по 1863 г. флотилия казенных пароходов и барж на реке Амур достигла значительных размеров и занималась в основном хозяйственными перевозками для снабжения всем необходимым военных постов и казачьих станиц. Костяк флотилии составляли пароходы Военного ведомства, часть из которых могла вооружаться артиллерией. Личный состав всех ведомственных пароходов комплектовался моряками Амурского флотского экипажа.

В 1885 г. командующий войсками Приамурского военного округа впервые поставил вопрос о создании Амурской речной флотилии. По экономическим соображениям решение не состоялось, но в навигацию 1897 г. начала действовать небольшая Амуро-Уссурийская казачья флотилия, обеспечивающая безопасность казачьих станиц, расположенных по берегам Амура и его притоков — Уссури и Шилки.

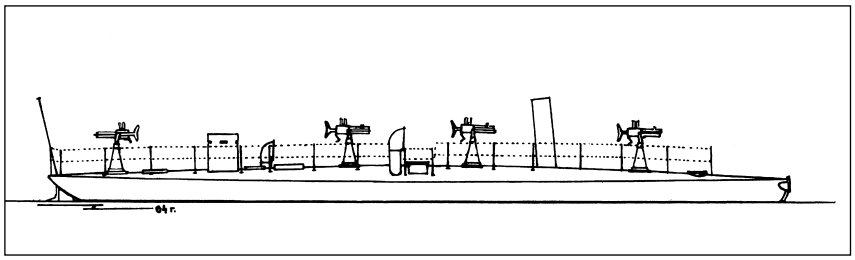
Первоначально в состав Амуро-Уссурийской флотилии вошло пять судов: небольшие речные пароходы «Атаман» и «Казак Уссурийский» (бывшая «Шилка»), баржи «Булава» и «Лена», речной паровой катер «Дозорный».

Базой казачьей флотилии стала пристань Иман на реке Уссури (ныне город Дальнереченск Примор-



Пароход «Селенга». На палубе установлен бронированный блокгауз для артиллерии.

© Реконструкция и выполнение чертежа. И. И. Черников, 2004 г.



Миноноска № 97. © Реконструкция и выполнение чертежа. И. И. Черников, 2004 г.

ского края). Личный состав флотилии (40 чел.) набирался из числа знакомых с речным делом рядовых казаков и урядников строевых частей Забайкальского, Амурского и Уссурийского казачьих войск.

Однако обремененные обслуживанием станиц два парохода этой флотилии только в исключительных случаях могли содействовать охране границ. Поэтому в 1898—1900 гг. вопрос о создании мощной речной флотилии рассматривался в межведомственной комиссии, работавшей по инициативе Военного министерства.

Важное значение амурская линия имела именно как стратегический путь, соединявший русские аванпосты на Дальнем Востоке с центральной Россией. Именно для этого приходилось содержать на Амуре достаточно многочисленный речной флот, способный, в случае надобности, перевозить войска и военные грузы, что требовало от империи слишком больших затрат.

К концу XIX века (через 46 лет после начала парового судоходства) в Амурском бассейне уже эксплуатировалось 160 паровых судов и 261 баржа. Кроме этого, по Селенге ходили: 1 пароход, 15 парусных судов и 20 барж. Значение реки Амур особенно проявилось в 1900 г., во время боксерского восстания, когда Китайская восточная железная дорога (КВЖД) еще находилась в стадии постройки, и материалы доставлялись сплавом по рекам. Кроме того, войска с боевыми запасами пришлось перевозить на коммерческих пароходах и баржах, на которых устраивали временную защиту из мешков с песком.

Пароходы Амуро-Уссурийской казачьей флотилии и Министерства путей сообщения «Селенга», «Сунгари», «Газимур», «Амазор», «Хилок» и другие были вооружены легкой артиллерией и пулеметами. Командир Владивостокского порта выделил для этого десять 4-фунтовых пушек образца 1867 г., три 47-мм орудия и одну 37-мм пятиствольную пушку Гочкиса. Наспех вооруженные пароходы оказали неоценимую помощь в качестве разведчиков, конвойных и сторожевых судов, а вольнонаемного командира «Селенги» даже наградили Георгиевским крестом.

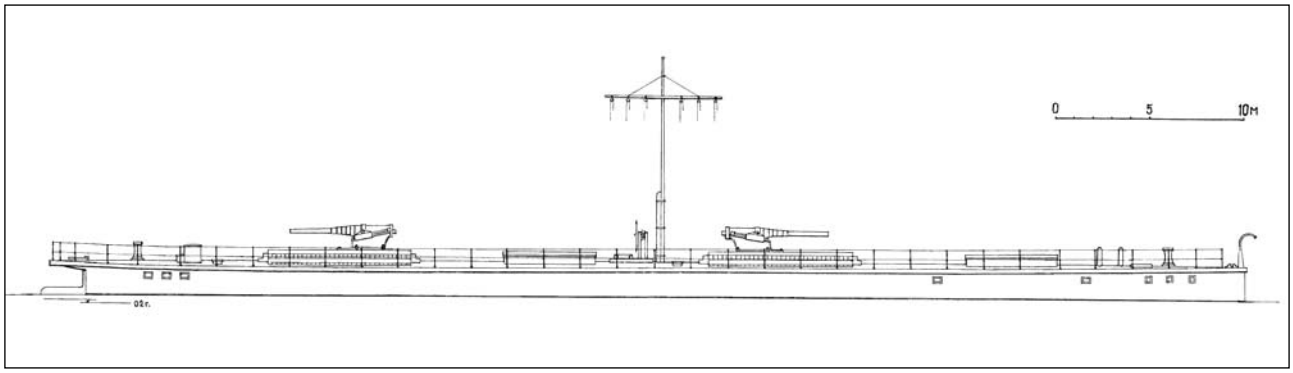
Вслед за усмирением боксерского восстания наместник царя на Дальнем Востоке адмирал Е. И. Алексеев поднял вопрос о постройке для Амура нескольких канонерских лодок различного типа. Так, по его ходатайству были заложены четыре мореходные канонерские лодки типа «Гиляк» (для защиты устья Амура) и 10 лодок с малой осадкой типов «Бурят» и «Вогул».

В ходе русско-японской войны 1904—1905 гг. резко возросло транспортное значение реки Амур, так как КВЖД, построенная Россией в 1897—1903 гг., не справлялась с перевозкой необходимых фронту грузов, и значительная часть их переправлялась по рекам Амурского бассейна. В этих условиях Сретенск, Благовещенск, Хабаровск и Николаевск-на-Амуре стали важными тыловыми базами.

В определенный момент возникла угроза захвата японцами устья Амура, усилившаяся после их вторжения в южную часть Сахалина. Этому необходимо было противодействовать. Поскольку речные корабли специальной постройки в то время на Амуре отсутствовали, пришлось воспользоваться колесными пароходами и винтовыми катерами Военного ведомства и Корпуса пограничной стражи, наскоро вооружив их артиллерией. Кроме этого, с Балтийского флота по железной дороге перевезли миноноски, которые спустили на воду в поселке Кокуй.

В Морском министерстве России решили также вооружить артиллерией железные баржи Амурского общества пароходства и торговли. Заготовка материалов для постройки плавбатарей началась 14 февраля 1905 г., а 5 марта из Санкт-Петербурга в Сретенск оправился первый эшелон с десятью 152-мм орудиями. Через шесть дней в Хабаровск прибыли главный артиллерист Владивостокского порта полковник Савицкий и корабельный инженер Таль, которые разработали проект плавбатарей.

Учитывая острый дефицит стали, оборудования, а также квалифицированных рабочих, подкрепления под пушки выполняли из дерева. При этом конструкция корпуса баржи не нарушалась. Со второго дна вровень с комингсами грузовых люков



Плавучая батарея Амурской флотилии. © Реконструкция и выполнение чертежа. И. И. Черников, 2004 г.

выводился деревянный сруб, на который ставилось 152-мм орудие.

16 марта 1905 г. в Уссурийской протоке начались работы на баржах «Беркут» и «Орел», 8 мая — на «Соколе», а 31 мая — на «Крохале». В Блаженном затоне переоборудовались «Лунгин», «Чибис» и «Гриф». После ледохода все баржи сосредоточили в Блаженном затоне. В апреле из команд Балтийских флотских экипажей в Кронштадте сформировали отряд из 1000 чел., который направили на Амур для укомплектования плавбатарей. 10 и 11 мая в Хабаровск прибыли 152-мм пушки со станками и боеприпасами, а 24 мая — около 60 матросов, которые сразу же приступили к работе (в качестве рабочих). Уже к 31 мая были готовы шесть больших барж и столько же предназначавшихся для их буксировки пароходов. На каждой барже установили по два 152-мм морских орудия с броневыми щитами и по шесть пулеметов. Для защиты палубы над погребами боезапаса ее покрыли листами котельного железа, а по бортам установились ящики с песком.

Пробная стрельба 19 июня с баржи «Орел» дала удовлетворительные результаты. Затем все суда приняли боезапас и спустились к устью Амура, проводя по пути учебные артиллерийско-пулеметные стрельбы. У Софийска (на траверзе бухты Де-Кастри), где ожидалась высадка японского десанта, отряд занял боевую позицию. В конце июня 1905 г., когда стало известно об окончании войны с Японией, последовал приказ возвратиться в Хабаровск, и здесь в октябре 1905 г. плавбатареи были разоружены, команды расформированы и отправлены на другие флоты.

Литература

И. И. Черников. Плавбатареи Амурской флотилии//Судостроение. 1983. №10.
РГАВМФ, ф. 417, оп. 1, д. 3636.

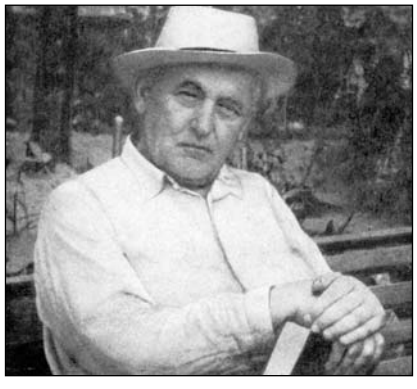
ВОСПОМИНАНИЯ ОБ АКАДЕМИКЕ Ю. А. ШИМАНСКОМ

А. З. Локшин, докт. техн. наук

В декабре 2003 г. исполнилось 120 лет со дня рождения известного кораблестроителя академика Ю. А. Шиманского. Он ушел из жизни 11 апреля 1962 г. В первую десятилетнюю годовщину его смерти Правление НТО судостроителей им. академика А. Н. Крылова выпустило книгу воспоминаний о нем — «Жизнь, отданная судостроению» (Л.: Судостроение, 1973). Составители книги указали в предисловии, что публикации, посвященные Юлиану Александровичу, вышедшим изданием не исчерпываются. Они призвали направлять свои воспоминания для дальнейшей публикации в НТО. Сейчас, спустя 30 лет, свою статью направил первый аспирант Ю. А. Шиманского, ныне профессор, докт. техн. наук А. З. Локшин (проживает с 1991 г. в США). Редакция полагает, что опубликование очерка А. З. Локшина будет хорошим вкладом в дело увековечения памяти нашего прославленного кораблестроителя.

Весной 1942 г. часть студентов старших курсов и преподавателей Ленинградского кораблестроительного института (ЛКИ) была эвакуирована в Пятигорск, а затем в Пржевальск (Киргизская ССР), где уже находился Николаевский кораблестроительный институт (НКИ). В таком объединенном институте занятия вели преподаватели и профессора ЛКИ и НКИ. Дипломное проектирование проф. Н. Е. Путов добился проводить по-новому. Группе студентов из трех человек выдавалось задание на проектирование корабля. Они должны были более подробно, чем обычно, провести все расчеты, разработать и согласовать с соответствующей группой студентов машиностроительного факультета, проектирующей энергетическую установку этого корабля, все чертежи и т. д.

Получили задание и мы. Это — Я. И. Войткунский, С. Н. Ковалев и я. Работу распределили следующим образом: Войткунский должен был провести все расчеты по теории корабля и гидромеханике, Ковалев разрабатывал конструкцию корпуса, а я проводил расчеты прочности всех конструкций.



Ю. А. Шиманский

После успешной защиты дипломного проекта Сергея Ковалева распределили на работу в ЦКБ в Ленинград, а нас направили в аспирантуру ЛКИ: Войткунского на кафедру гидромеханики, а меня — на кафедру строительной механики корабля.

Забегая вперед, отмечу, что Сергей Ковалев впоследствии стал главным конструктором подводных лодок, а Войткунский — заведующим кафедрой гидромеханики в ЛКИ. Основная часть студентов и преподавателей ЛКИ в то время находилась в Горьком, и мы (Войткунский и я) поехали в Горький. Директором института в Горьком был Л. С. Окорский. После того, как я был зачислен в аспирантуру, Л. С. Окорский сказал, что следует показаться Ю. А. Шиманскому — известному кораблестроителю, члену-корреспонденту Академии наук, поскольку, возможно, он будет моим руководителем. Юлиан Александрович в это время жил в Казани, и я поехал к нему. Ю. А. Шиманский встретил меня очень доброжелательно, задавал много вопросов на разные темы.

В начале 1944 г. студенты и преподаватели ЛКИ вернулись в Ленинград. На кафедре строительной механики корабля работал А. А. Курдюмов. Он прожил в Ленинграде всю блокаду. Начались занятия в институте. Юлиан Александрович регулярно бывал в институте, проводил заседания кафедры, принимал аспирантские экзамены, но лекций не читал. Он пригласил на кафедру известного кораблестроителя А. И. Маслова. В то же время Шиманский также работал над переводом и редактированием

книги Ховгарда «Проектирование военных кораблей»[1]. Я помогал ему с оформлением рукописи.

По рекомендации Ю. А. Шиманского меня приняли на работу в ЦНИИ-45, в отдел прочности.

Когда США вступили в войну с Германией, они начали строить грузопассажирские суда для Советского Союза (Lend Lease). Постройка этих судов («Liberty») осуществлялась в рекордно короткие сроки. Суда эти плавали почти во всех морях Советского Союза и выполняли огромную работу по грузопассажирским перевозкам. Однако были случаи аварии этих судов, связанные с нарушением их прочности. Ю. А. Шиманский первый указал на недостатки, имеющиеся в конструкциях корпуса судов типа «Liberty». В районе больших палубных вырезов, а также в других продольных связях, участвующих в общем изгибе судна и имеющих резкое изменение площади поперечного сечения, возникала значительная концентрация напряжений, что могло быть причиной аварий. Эти продольные связи Ю. А. Шиманский назвал прерывистыми. Он начал работать над проблемой проектирования таких связей. И моя кандидатская диссертация касалась этой проблемы — в ней исследовалась концентрация напряжений в пластинах, ослабленных прямоугольным и несколькими круглыми вырезами. Мне удалось получить решение одной задачи, которая интересовала Юлиана Александровича.

Когда вышла его книга «Проектирование прерывистых связей», я увидел, что Ю. А. Шиманский использовал это решение и сослался на меня. Это было большой редкостью, так как Юлиан Александрович не любил ссылаться на других авторов.

Хочется напомнить, что первый в России справочник по строительной механике корабля — «Справочная книга корабельного инженера» — был написан Шиманский совместно с М. Ф. Гарденинym еще в 1916 г. Некоторые рекомендации этого справочника используются и в настоящее время (например, разделение длины корабля на 20 теоретических шпаций). В 50-е годы под редакцией Шиманский вышли три тома «Справочника по строительной механике корабля».

Все книги, написанные Юлианом Александровичем, отличаются практической направленностью. Это и прочность подводных лодок, и расчеты прочности глиссирующих катеров (я думаю, что эта книга не имеет аналогов в технической литературе), и динамический расчет судовых конструкций, и др.

Книга «Динамический расчет судовых конструкций» была удостоена Сталинской премии первой степени. После этого Ю. А. Шиманский был избран в действительные члены АН СССР.

Юлиан Александрович был доброжелательным и справедливым человеком. Он не любил пустословие и на заседаниях всегда обрывал докладчика, если тот говорил не по существу. Он пользовался огромным авторитетом среди кораблестроителей. Когда у сотрудников ЦКБ возникали проблемы, связанные с прочностью каких-либо конструкций, они обращались к Ю. А. Шиманскому и всегда получали практические советы.

Он всегда открыто выражал свое мнение. Я вспоминаю такой эпизод. В 1947 г. (или 1948) защищал диссертацию преподаватель кафедры сопротивления материалов ЛКИ В. А. Быков. Защита прошла успешно, но были и «черные шары». По окончании работы ученого совета все вышли в коридор (это было на третьем этаже старого здания ЛКИ). Подходит Ю. А. Шиманский к В. А. Быкову и говорит: «Быков, я поздравляю Вас, хотя я голосовал против». Юлиан Александрович всех называл по фамилии — Маслова, Мацкевича, Першина, Таубина, Архангородского и т.д. Исключение составляли А. Н. Крылов, П. Ф. Папкович, а также Н. В. Маттес. Их он называл по имени и отчеству. За все время нашего знакомства он, возможно, один или два раза назвал меня по имени. Он был связан со многими кораблестроителями не только Ленинграда, но и других городов. Когда Н. В. Маттес приезжала из Горького в Ленинград, она всегда приходила к Ю. А. Шиманскому. Также всегда бывал у него приезжавший из Николаева А. Г. Архангородский.

К сожалению, не сложились хорошие отношения между Ю. А. Шиманский и А. А. Курдюмовым. Я полагаю, что это явилось причиной ухода Ю. А. Шиманского из института (1948 г.). В это время он начал работать также в Арктическом институте.

Последние годы жизни Юлиан Александрович болел и несколько раз лежал в больнице — Свердловке. Хотя он уже не работал в ЛКИ, но относился к институту очень хорошо и в больнице подписал письмо в ВАК с ходатайством о присвоении звания профессора ректору института Евгению Васильевичу Товстых.

Умер Юлиан Александрович 11 апреля 1962 г. На доме, в котором жили Шиманские, установлена мемориальная доска, и улица названа его именем.

Во главе российского судостроения

ДИРЕКТОР КОРАБЛЕСТРОИТЕЛЬНОГО ДЕПАРТАМЕНТА И. Т. БЫЧЕНСКИЙ

Иван Тимофеевич Быченский родился в 1772 г. в селе Борисове Тверской губернии в семье небогатого помещика. 2 февраля 1782 г. его зачисляют в Морской шляхетский кадетский корпус (это учебное заведение окончили и четверо его братьев). В 15 лет он уже гардемарин (воспитанник старшего класса), но через год начинается война со Швецией, и летом 1788 г. Быченский на линейном корабле «Мстислав» в составе эскадры адмирала Грейга участвует в Гогландском сражении.

1 января 1789 г. И. Т. Быченский получает первый офицерский чин — мичмана и на том же корабле «Мстислав», но в составе эскадры адмирала Чичагова, принимает участие в Эландском (1789 г.), Ревельском (1790 г.) и Выборгском (1790 г.) сражениях.

Дальнейшая служба Быченского также проходила на линейных кораблях Балтийского флота: в 1791—1792 гг. — на «Трех Иерархах», в 1793 г. — на «Иоанне». В том же году Быченский производится в лейтенанты и служит на корабле «София-Магдалина» (1794 г.), затем на «Ретвизане» (1795—1796 гг.).

[1] Может быть, название книги и фамилия автора записаны не совсем точно. (Прим. автора).

В 1797—1800 гг. в эскадре вице-адмирала Карцова на корабле «Азия» Быченский участвует в крейсерстве у берегов Англии, плавании по Средиземному морю и переходе в Севастополь. В 1801 г. возвращается (сухим путем) обратно в Кронштадт на корабль «Ретвизан» и следующие годы проводит на береговой службе в Кронштадте.

1 декабря 1804 г. Быченский получает чин капитана-лейтенанта и до 1807 г. командует катером «Гонец», в 1808—1809 гг. — корветом «Помона» (участвует в боевых действиях против английского и шведского флотов); в 1810 г. — фрегатом «Быстрый»; в 1812—1814 гг. — фрегатом «Свеаборг», который в период Отечественной войны 1812 г. находился в составе англо-русской эскадры под командованием адмирала Юнга. В 1815 г. Иван Тимофеевич назначается командиром 20-го флотского экипажа, а в 1817 г. на корабле «Орел» участвует в походе к берегам Франции (доставка войск в Россию).

7 августа 1818 г. И. Т. Быченский назначен капитаном Ревельского порта (и командиром 18-го флотского экипажа), а с 22 февраля 1823 г. по 25 сентября 1827 г. занимает должность капитана Архангельского порта.

С началом царствования императора Николая I во флоте, находившемся до того в упадке, стали проводиться серьезные реформы. Реорганизация в 1827 г. структуры управления Морским министерством привела к созданию отдельного Кораблестроительного департамента, вторым директором которого назначили И. Т. Быченского. По своей предыдущей должности — капитана порта — он был прекрасно подготовлен к этой деятельности. В ведении капитана порта в то время находилась вся кораблестроительная часть порта. На севере же России архангельский порт был крупнейшим центром судостроения.

В должность директора Кораблестроительного департамента И. Т. Быченский вступил 12 октября 1827 г. сразу по прибытии из Архангельска.

В реорганизованном Морском министерстве всей хозяйственной частью (департаменты Кораблестроительный, Коммисариатский, Артиллерийский и Корабельных лесов) руководил генерал-интендант. В 1831 г. на этой должности некоторое время состоял И. Т. Быченский. Самим же департаментом он управлял с 1827 по 1837 гг.

В этот период военное судостроение в России приобрело огромные масштабы. Так, если к началу царствования императора Николая I реальная боевая сила Балтийского флота состояла из пяти линейных кораблей и 10 фрегатов (не считая мелких судов), то уже к 1830 г. этот флот имел в боеготовности 28 кораблей и 17 фрегатов. За это же время число пароходов выросло с трех до семи. Качество постройки кораблей было значительно улучшено. Вводились многочисленные усовершенствования. Срок постройки корабля был сокращен до двух лет.

1 января 1828 г. И. Т. Быченский был произведен в генерал-майоры, а 7 апреля 1835 г. — в генерал-лейтенанты. В 1837 г. он покидает пост директора Кораблестроительного департамента и назначается членом Морского генерал-аудиториата.

За время своей службы И. Т. Быченский получил много наград: орден Св. Георгия IV ст. (5 февраля1808 г.), орден Св. Владимира IV ст. (27 августа 1814 г.), орден Св. Анны II ст. (16.06.1826), орден Св. Владимира III ст. (6 декабря 1831 г.), орден Св. Станислава I ст. (13 апреля 1834 г.), знаки отличия беспорочной службы за 35 и 40 лет. 31 августа 1832 г. было объявлено Высочайшее благоволение за постройку фрегата «Прозерпина» и транспорта «Либава». В ежегодных аттестациях он отмечался как офицер «поведения благородного, в исполнении должности ревностен и благоразумен».

Умер Иван Тимофеевич Быченский 24 апреля 1844 г.

Литература

1. РГАВМФ, ф. 406, оп. 1, д. 158.
2. РГАВМФ, ф. 158, оп. 1, д. 803, 811, 1135.
3. *Огородников С. Ф.* Исторический обзор развития и деятельности Морского министерства за сто лет его существования (1802—1902). СПб., 1902.
4. *Чубинский В.* Историческое обозрение устройства управления Морским ведомством в России. СПб., 1869.
5. *Коргуев Н.* Русский флот в царствование императора Николая I. СПб., 1896.
6. История отечественного судостроения. Т. 1. СПб., 1994.

И. Н. Наймушин,
член секции истории ЦП НТО
судостроителей
им. академика А. Н. Крылова

РЕФЕРАТЫ

УДК 629.5.03.001.24:623.827 **Ключевые слова:** подводные транспортные суда (ПТС), подводное водоизмещение, цистерны главного балласта.

Климашевский С. Н. К вопросу о расчетном определении водоизмещения подводных транспортных судов на ранних стадиях проектирования//Судостроение. 2004. № 3. С. 9—12.

Предложены методика и нормативные материалы для расчетного определения объемного и массового водоизмещений ПТС основных типов. Расчет выполнен по составляющим указанных водоизмещений. В основу публикации положены статистические данные, материалы специальных исследований, выполненных в ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова по данной тематике в течение многих лет. Ил. 7. Табл. 3. Библиогр.: 10 назв.

УДК 629.07.04.5.036 **Ключевые слова:** водометный движитель, судно, корабль, пропульсивный коэффициент, испытания, эффективность.

Родионов В. А. Анализ эффективности современных водометных движителей и возможные направления их совершенствования//Судостроение. 2004. № 3. С. 13—16.

Рассказывается о преимуществах водометных движителей (ВД), о всесторонних исследованиях и расчетах ходовых качеств судов и кораблей с ВД, которые проводились в ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова. Ил. 4. Библиогр.: 7 назв.

УДК 591.1-74:629.5 **Ключевые слова: т**опология, слабое место, определение, оптимальность.

Полищук С. П. Метод определения размеров элементарной площадки для поиска топологически слабых мест при проектировании корабля//Судостроение. 2004. № 3. С. 16—17.

Доказывается, что метод автоматического поиска топологически слабых мест в компоновке корабельных систем малоэффективен, если произвольно, научно необоснованно назначается размер элементарной площадки. Вводятся определения коэффициентов контрастности, и обосновывается критерий оптимальности. Ил. 3.

УДК 621.436:629.5 **Ключевые слова:** дизелестроение, судостроение, дизели.

Лерман Е. Ю., Горшков В. Ф., Барановский В. В. Судовое дизелестроение: современное состояние и перспективы//Судостроение. 2004. № 3. С. 22—25.

Приводятся материалы по состоянию и перспективам развития отечественного судового дизелестроения. Обосновывается необходимость государственной поддержки отечественных машиностроительных предприятий во избежание потери Россией статуса моторостроительной державы. Табл. 1. Библиогр.: 10 назв.

УДК 629.5.03.001.63 **Ключевые слова:** корабль, главная энергетическая установка, двигатель, оптимизация, критерий эффективности.

Барановский В. В. Обоснование выбора главных энергетических установок на стадии исследовательского проектирования кораблей//Судостроение. 2004. № 3. С. 25—28.

Приводятся основы теории и методы обоснования оптимальных вариантов главных энергетических установок на ранних стадиях проектирования кораблей. В отличие от традиционной методики, здесь по заданным параметрам главной ЭУ определяются тип, состав и схемное исполнение установки. Ил. 4. Табл. 1. Библиогр.: 2 назв.

УДК 621.175.002.5:629.561.5 **Ключевые слова:** ледовый ящик, главный конденсатор, турбогенератор, отработавший пар, тепловой баланс, разрежение.

Данилов А. Т., Ластовцев А. Ю. Влияние ледовых условий на температурный режим работы главной конденсационной установки атомных ледоколов//Судостроение. 2004. № 3. С. 28—32.
Изложен опыт эксплуатации конденсационной установки атомных ледоколов типа «Россия» в зависимости от ледовых условий. Приведены опытные зависимости режимов работы главных конденсаторов при различной температуре забортной воды и нагрузке главного турбоагрегата. Даны рекомендации по совершенствованию конструкции водозаборного устройства и повышению надежности паротурбинной установки ледоколов. Ил. 5. Библиогр.: 2 назв.

УДК 621.315.2.12 **Ключевые слова:** излучающие коаксиальные кабели, проводящая среда, электромагнитные волны.

Марков В. Г., Лозовой А. В. Применение излучающих коаксиальных кабелей для контроля антенн в воздушной и проводящих средах//Судостроение. 2004. № 3. С. 33—35.
Рассмотрены вопросы построения и применения излучающих коаксиальных кабелей с отверстиями во внешнем проводнике для контроля антенн в воздушной и проводящих средах. Отмечены особенности работы и построения излучающих коаксиальных кабелей, предназначенных для контроля антенн в проводящих средах. Ил. 6. Библиогр.: 2 назв.

УДК 621.375:629.5 **Ключевые слова:** корабль, радиопередатчик, паразитное излучение.

Муравченко В. Л. Способ снижения паразитного излучения корабельных радиопередатчиков//Судостроение. 2004. № 3. С. 36.
Предлагается использовать в широкополосных усилителях мощности корабельных радиопередатчиков сигналы косинусоидальной формы с отсечкой сверху на уровне 60°. Приведены сведения, подтверждающие снижение паразитного излучения таких усилителей относительно усилителей, использующих сигналы традиционной формы без отсечки сверху. Библиогр.: 5 назв.

УДК 658.5.001.73 **Ключевые слова:** судостроение, анализ, реструктуризация, интегрирование.

Кузютина М. Ю., Конопацкий В. М. Основные тенденции структурных преобразований в судостроительной отрасли//Судостроение. 2004. № 3. С. 37—38.
Анализируется состояние судостроительной промышленности с 1992 г. Предлагается ряд мероприятий организационно-институциального и производственно-технологического характера с целью интеграции производств в крупные структуры для получения наибольшего экономического эффекта.

УДК 881.322:621.981.216.001.6 **Ключевые слова:** гибочно-правильное оборудование, компьютерное моделирование, метод конечных элементов.

Ковалев И. В., Матвеев С. А., Куклин О. С. Перспективы использования компьютерного моделирования при создании гибочно-правильного оборудования нового поколения//Судостроение. 2004. № 3. С. 39—42.
На конкретных примерах рассмотрены некоторые аспекты применения современных систем инженерного анализа при создании гибочно-правильных станков нового поколения. Показана эффективность связанного и последовательного применения компьютерного моделирования на всех этапах проектирования и конструирования. Ил. 7. Библиогр.: 7 назв.

УДК 621.793.71:620.197-761 **Ключевые слова:** корпус, противообрастающее покрытие, технология нанесения.

Абачараев И. М., Абачараев М. М. Опыт применения газотермических покрытий для защиты металлоконструкций от обрастания//Судостроение. 2004. № 3. С. 43—44.
Рассматривается эффективность применения в судостроении технологий нанесения плазменных покрытий, обладающих противообрастающими свойствами при введении в их состав бактерицидных элементов. На основе лабораторных испытаний на выщелачивание покрытий выбран наиболее эффективный состав. Ил 1. Табл. 2. Библиогр.: 3 назв.

УДК 629.5.017.13:623.827 **Ключевые слова:** АПЛ, плавучий док, опрокидывание, спрямление.

Баранов П. С., Позняк К. С. Операция по возвращению в исходное состояние АПЛ, опрокинувшейся в плавучем доке//Судостроение. 2004. № 3. С. 48—50.
Приводится описание разработанной ЦКБ МТ «Рубин» операции спрямления атомной подводной лодки, которая опрокинулась в плавучем доке в процессе его всплытия. Ил. 4.

УДК 621.643.4.06.001.76 **Ключевые слова:** АПЛ, ресурс, патрубок, срок службы.

Калистратов Н. Я., Репин А. В., Тупицын С. С. Обеспечение сверхнормативного срока эксплуатации патрубков ПРКБ циркуляционных трасс АПЛ//Судостроение. 2004. № 3. С. 51—53.
Рассматриваются результаты работ по освоению ремонта резинокордных компенсационных безраспорных патрубков (ПРКБ) циркуляционных трасс АПЛ пр. 667БДРМ на МП «Звездочка». Ил. 8. Библиогр.: 12 назв.

УДК 629.561.002.8:621.039.743 **Ключевые слова:** суда атомного технологического обслуживания (АТО), утилизация, технология, консервация.

Анитропов В. А., Александров Н. И., Розинов А. Я., Тарасов И. Н. Особенности утилизации судов атомного технологического обслуживания//Судостроение. 2004. № 3. С. 54—58.
Анализируется состояние судов АТО, обеспечивающих перемещение отработавшего ядерного топлива, жидких и твердых радиоактивных отходов в пункты длительного хранения и переработки. Дается концепция вывода таких судов из эксплуатации, разработанная ЦНИИТС. Ил. 5. Табл. 2. Библиогр.: 3 назв.

ABSTRACTS

Klimashevsky S.N. About the problem of calculating determination of underwater cargo-carrying ships displacement at the early stages of design
The author proposes procedure and normative documents for calculating determination of volumetric and weight displacement of main types of UCCS. Calculation is made by constituents of indicated displacements. Publication is based upon statistic data, materials of special research that have been being executed for many years in CRI named after academician A.N. Krylov in the field of such themes.

Rodionov V. A. Analysis of modern water-jet propulsors efficiency and possible direction of their improvement
The author tells about advantages of water-jet propulsors (WJP), about all-round researches and calculations of movement features of vessels and ships with WJP held by CRI named after academician A. N. Krylov.

Polischuk S.P. Method of determination of elementary area size for search of topologically weak places in the process of ship design
It is proved that method of automatic search of topologically weak places in arrangement of shipboard systems has low efficiency if the elementary area size is set arbitrary, scientifically groundlessly. Definitions of contrast factors are introduced, and optimum criterion is grounded.

Lerman E.Yu., Gorshkov V.F., Baranovsky V.V. Marine diesel engineering: modern situation and prospects
Materials about modern situation and prospects of development of national marine diesel engineering are presented. Necessity of state support of national engineering industry enterprises for prevention of losing of engine-building power status by Russia is grounded.

Baranovsky V.V. Grounding of selection of main power plants at the stage of ship research design
The author gives the theory basics and methods of grounding of optimum variants of main power plants at the early stages of ships design. In contrast to traditional procedure, here the type, composition and schematic design of installation are determined upon specified parameters of main PP.

Danilov A.T., Lastovtsev A.Yu. Influence of ice condition upon performance temperatyre mode of main condensers of nuclear icebreakers
Experience in operation of condenser plant of «Russia» type nuclear icebreakers depending on ice condition is described. Experimental influences of main condensers operational modes at various temperatures of sea water and main turbo aggregate load are given. Recommendations for enhancement of water intake design and increase of icebreakers' steam turbine plant reliability are given.

Markov V.G., Lozovoy A.V. Use of radiating coaxial cables for control of antennas in air and conducting mediums
The authors consider problems of building and utilization of radiating coaxial cables with holes in external conductor for control of antennas in air and conducting mediums. Particular features of operation and building of radiating coaxial cables intended for control of antennas in conducting mediums are underlined.

Muravchenko V.L. Method for reduction of spurious radiation of shipboard radio transmitters
It is proposed to use cosine-shape signals with cutoff of upper part at the level of 60° in wide-band power amplifiers of shipboard radio transmitters. Data that proves decrease of spurious radiation of such amplifiers in comparison with amplifiers that use signals of traditional shape without cutoff of upper part is presented.

Kuzyutina M.Yu., Konopatsky V.M. Main tendencies in structural reorganization of shipbuilding industry
Condition of shipbuilding industry from the beginning of economic reform in 1992 is analyzed. The authors propose some measures of organizational-institutional and industrial-technological character for the goal of works integration in major structures for reception of maximum economic effect.

Kovalyov I.V., Matveev S.A., Kuklin O.S. Prospectives of use of computer modeling during creation of new generation bending-straightening equipment
Upon specific examples some aspects of use of modern engineering analysis systems during creation of new generation bending-straightening machines are considered. Efficiency of associated and successive use of computer modeling on all stages of designing and construction is shown.

Abacharaev I.M., Abacharaev M.M. Experience in use of gas-thermal coatings for protection of metal structures from biofouling
The authors describe results of investigation in determination of efficiency of use in shipbuilding of technologies of application of plasma coating that have anti-biofouling properties in case of including bactericidal elements in their composition. On the basis of laboratory tests for leaching of nitinol (45 % Ti + 55 % Ni) coatings with admixture of (20-30) % of copper, (5-10) % of antimony and (1-3) % of cadmium the most efficient composition of coating, that contains 80 % of nitinol, 19,2 % of copper and 0,8 % of beryllium, is selected.

Baranov P.S., Poznyak K.S. Operation of NS return into initial position after its overturn in floating dock
The authors describe the CDB MT «Rubin»-developed operation of straightening NS that had overturned in floating dock during rising of the latter.

Kalistratov N.Ya, Repin A.V., Tupitsyn S.S. Provision of over-normative service life of RCKS of NS circulation lines
Results of works in application of repair of rubber-cord compensating kicking sockets (RCKS) of 667BDRM type NS circulation lines at EW «Zvyozdochka» are considered.

Antropov V.A., Alexandrov N.I., Rozinov A.Ya. Particular features of utilization of nuclear technological service ships
The authors analyze condition of NTS ships (floating tanks, special technical tankers, FTB, tugs, barges etc.) that provide transfer of spent nuclear fuel, fluid and hard wastes to centers of prolonged storage and processing. Concept of putting of such ships from service developed by CRIST is given.

ISSN 0039—4580. Судостроение. 2004. № 3. 1—80.