СУДОСТРОЕНИЕ

Издается с 1898 г.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

№ 4
2006
июль-август

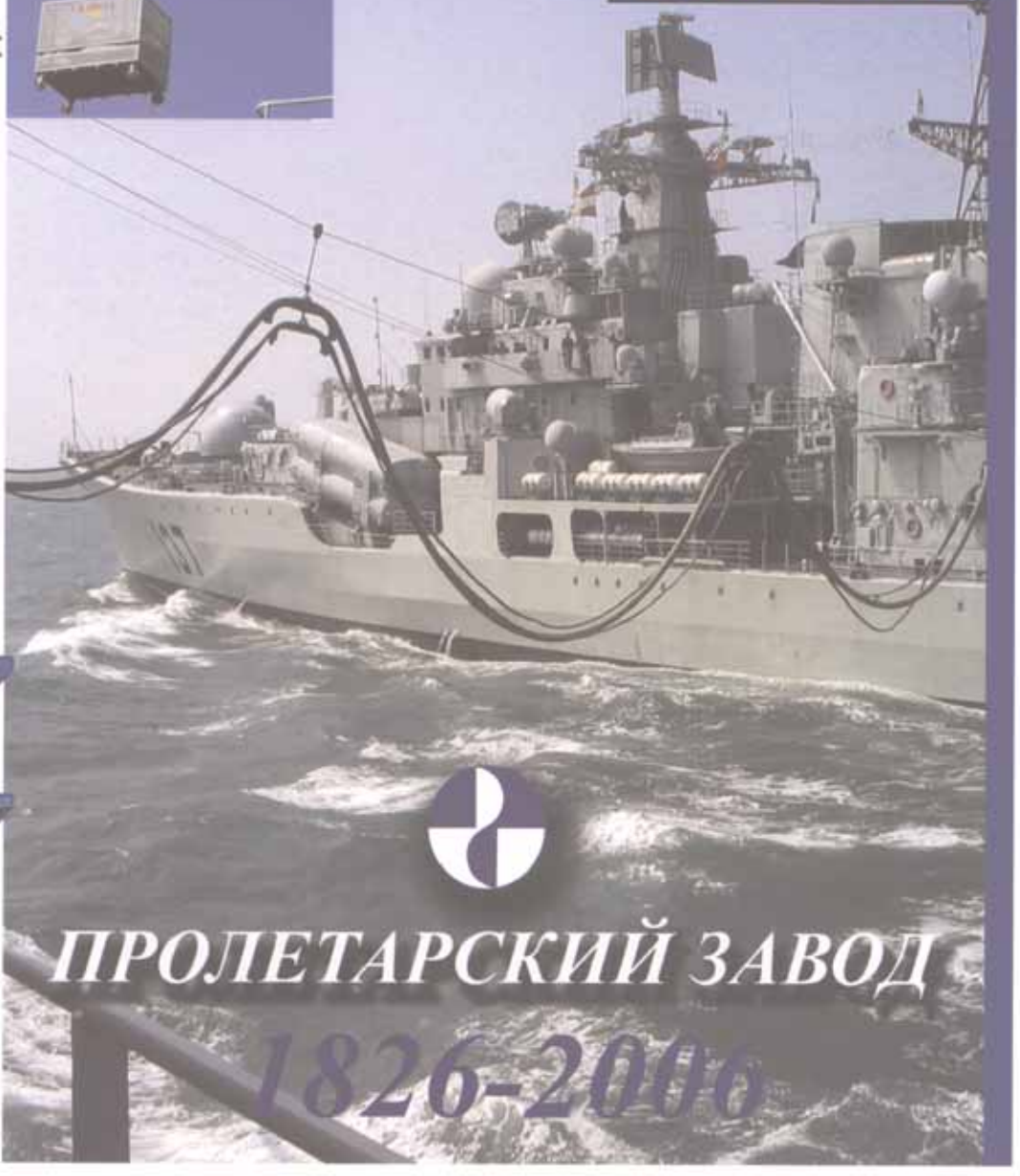
ПРОЕКТИРОВАНИЕ СУДОВ

ВОЕННОЕ КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ

СУДОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

ТЕХНОЛОГИЯ СУДОСТРОЕНИЯ

ИСТОРИЯ



ПРОЛЕТАРСКИЙ ЗАВОД
1826-2006

ISSN 0039-4580

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

Учредители:

Российское научно-техническое общество судостроителей им. академика А. Н. Крылова
Ассоциация судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области
Центральный научно-исследовательский институт технологии судостроения (ЦНИИТС)

СУДОСТРОЕНИЕ

4•2006
(767) июль—август

Издается с сентября 1898 г.

ПРЕЗИДЕНТ
НТО судостроителей им. академика А. Н. Крылова
и Ассоциации судостроителей Санкт-Петербурга и Ленобласти
Александров В. Л.

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР
Пашин В. М. — научный руководитель — директор ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ
Александров В. Л. — ген. директор Адмиралтейских верфей
Адаменя А. И. — ген. директор Амурского судостроительного завода
Войтецкий В. В. — ген. директор НПО «Аврора»
Волов Н. Ф. — ген. директор ПСЗ «Янтарь»
Горынин И. В. — ген. директор ЦНИИ КМ «Прометей»
Жарков Н. С. — ген. директор завода «Красное Сормово»
Захаров И. Г. — начальник I ЦНИИ МО РФ
Калистратов Н. Я. — ген. директор МП «Звездочка»
Кидалов В. И. — ген. директор НПО «Марс»
Климовский С. Д. — ученый секретарь ЦВММ
Клячко Л. М. — директор ЦНИИ «Курс»
Корякин Ю. А. — первый зам. директора ЦНИИ «Морфизприбор»
Левченко В. Г. — ген. директор Балтийского завода
Максимов Ю. А. — ген. директор Калужского турбинного завода
Никитин В. С. — директор НИПТБ «Онега»
Осипов В. А. — директор ЦНИИ «Гидроприбор»
Панин В. А. — директор ГМЗ «Салют»
Пастухов В. П. — ген. директор ПО «Севмаш»
Пешехонов В. Г. — директор ЦНИИ «Электроприбор»
Пялов В. Н. — начальник — ген. конструктор СПМБМ «Малахит»
Стругов Л. В. — начальник Управления суд. пром. ФАП
Суслов В. Ф. — ген. директор Пролетарского завода
Чачко В. С. — директор НИИ морской теплотехники
Шаталов В. В. — ген. директор КБ «Вымпел»
Шляхтенко А. В. — начальник — ген. конструктор ЦМКБ «Алмаз»
Шульган Ю. П. — ген. директор ДВЗ «Звезда»
Юхнин В. Е. — ген. конструктор Северного ПКБ
Яров Ю. Ф. — директор Северного ПКБ

ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА
Хаустов А. Н., тел. (812) 7860530, факс: (812) 7860459
e-mail: cniits @telegraph. spb.ru
www.crist.ru/issues

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ
Климов В. В., тел. (812) 7861609

РЕДАКТОР ОТДЕЛА
Афонин Н. Н., тел. (812) 7861609

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

ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ ГНЦ РФ ФГУП ЦНИИТС
www.crist.ru

© Журнал «Судостроение», 2006

СОДЕРЖАНИЕ

ОАО «Пролетарский завод» — современное многономенклатурное предприятие судового машиностроения 3

НА СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ 8

Большому кораблю — большое плавание 16

ГРАЖДАНСКОЕ СУДОСТРОЕНИЕ

Животовский Г. А., Родионов А. А. Многокритериальное проектирование крыльевого комплекса СПК со смешанными переменными проектирования 17

Матлах А. П. Исследование прочности судовых корпусных конструкций при взаимодействии со льдом 21

Ярисов В. В. Формальная оценка безопасности при расчете остойчивости судов в условиях эксплуатации, опасных с точки зрения опрокидывания 24

ВОЕННОЕ КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ

Котов М. В. Проекты ракетного перевооружения эскадренных миноносцев пр. 30бис 28

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

Григорьев А. В., Ляпидов К. С., Макаров Л. С. Единая электроэнергетическая установка гидрографического судна на базе системы электродвижения переменного тока 33

Зимин В. П. Нормирование и способы обеспечения экологически безопасного содержания окислов азота в отработавших газах морских газотурбинных двигателей 35

Обозов А. А. Алгоритмы сглаживания индикаторных диаграмм 38

СУДОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Берестовицкий Э. Г., Обуховский С. А. Проблемы создания современного специализированного стенда для виброакустических испытаний приборов и систем управления 42

Ларионова Д. Г. Устройство для посадки БПЛА самолетного типа на судно малого водоизмещения 45

МОРСКОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

Гольтраф В. И. Использование базовых технических решений в процессе автоматизации перспективных кораблей 47

ЭКОНОМИКА И ФИНАНСЫ

Кирюхин Д. В., Мысник В. Г. Опыт использования лизинга для обновления рыбопромыслового флота в Дальневосточном регионе 50

ОРГАНИЗАЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ СУДОСТРОЕНИЯ

Герасимов Н. И., Ива А. А. Технология монтажа тяжелонагруженных сварных элементов крепления сборочно-монтажных единиц 53

Лукьянов Н. П. Обтекатель гидроакустического комплекса из полимерного композиционного материала 55

СУДОСТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Хаустов А. Н. Новые хладостойкие стали для морской техники 57

СУДОРЕМОНТ И УТИЛИЗАЦИЯ

Муру Г. Н., Рудаков А. В., Трубицын В. С., Стародубов В. Н. Обеспечение ремонтопригодности на начальных этапах жизненного цикла корабля 59

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОТДЕЛ

Климовский С. Д., Губер К. П. Мемориальный корабль «Микаса» (63). Состав Военно-промышленной комиссии при Правительстве Российской Федерации (67). Новые книги (67). Блиц-новости (27, 46, 49, 58). Из портфеля заказов (73)

ЗАРУБЕЖНАЯ ИНФОРМАЦИЯ 69

ИСТОРИЯ СУДОСТРОЕНИЯ И ФЛОТА

Платонов А. В. Экспериментальный эсминец «Опытный» 74

Черников И. И. Мониторы «Азов» и «Мариуполь» 77

SCIENTIFIC, TECHNOLOGICAL AND INDUSTRIAL JOURNAL

Founders:
The A. N. Krylov Scientific and Technical Society of Shipbuilders
The Shipbuilders' Association of St. Petersburg and Leningrad Region
The Central Research Institute of Shipbuilding Technology (CRIST)

SUDOSTROENIE
SHIPBUILDING

4•2006
(767) July—August

Published since September 1898

CONTENTS

OAO «Proletarskiy zavod» is a present-day multinomenclature enterprise of ship machine building 3

AT SHIPYARDS 8

Great ship requires deep water 16

CIVIL SHIBUILDING

Zhivotovsky G. A., Rodionov A. A. Multi-criteria design of hydrofoil ship's foil complex with compound design variables 17

Matlakh A. P. Research of ship structural strength in hull and ice interaction 21

Yarisov V. V. Formal safety estimation in calculating the ship stability under operation conditions as being dangerous from the turnover point of view 24

NAVAL SHIPBUILDING

Kotov M. V. Projects of missile rearmament of destroyers 28

SHIP POWER PLANTS

Grygoriev A. V., Lyapidov K. S., Makarov L. S. Unified hydrographic ship's electric power plant based on the alternating current motion system 33

Zimin V. P. Rate fixing and methods of ensuring the environmentally safe nitrogen oxides content of exhausted gases from marine gas turbine engines 35

Obosov A. A. Smoothing algorithms of indicator diagrams 38

MARINE EQUIPMENT

Berestovitsky E. G., Obukhovsky S. A. Problems of constructing the modern specialized stand for vibroacoustic tests of control systems and devices 42

Larionova D. G. Device for landing of the airplane-type PV on small tonnage vessel 45

MARINE INSTRUMENT-MAKING

Goltraf V. I. Application of basic technical solutions in the process of automation of advanced ships 47

ECONOMICS AND FINANCE

Kiryukhin D. V., Mysnik V. G. An experience in leasing application for renewal of fishing fleet in the Far East region 50

SHIPBUILDING ORGANIZATION AND TECHNOLOGY

Gerasimov N. I., Iva A. A. Technology for mounting of heavy-loaded welded elements for attachment of assembly-mounting units 53

Lukyanov N. P. Hydroacoustic system's dome of composite polymeric material 55

SHIPBUILDING MATERIALS

Khaustov A. N. New cold-resistant steels for marine equipment 57

SHIP REPAIR AND UTILIZATION

Muru G. N., Rudakov A. V., Trubitsin V. S., Starodubov V. N. Maintainability arrangement at the initial ship life cycle stages 59

INFORMATION SECTION

Klimovsky S. D., Guber K. P. Memorial ship Mikasa (63). Military-Industrial Commission staff under the RF Government (67). New books (67). Blitz-news (27, 46, 49, 58). From the order book (73)

FOREIGN INFORMATION 69

HISTORY OF SHIPBUILDING AND FLEET

Platonov A. V. Experimental destroyer Opytniy 74

Chernikov I. I. Monitors Azov and Mariupol 77

Подписка на журнал «Судостроение» (индекс 70890) может быть оформлена по каталогу агентства «Роспечать» в почтовых отделениях, а также непосредственно в редакции (в том числе можно заказать уже вышедшие номера). To effect subscription abroad, it is necessary to addres to JSC «MK-Periodica» (www.periodicals.ru)

На 1-й стр. обложки — система передачи грузов в море в действии (фото предоставлено ОАО «Пролетарский завод»); на 2-й стр. — на выставке «Сварка-2006» в Санкт-Петербурге (фото А. Н. Хаустова); на 3-й стр. — фотоснимки из собрания Н. Н. Афонина и архива редакции; на 4-й стр. — на Неве: танкер-продуктовоз дедвейтом 47400 т, построенный ФГУП «Адмиралтейские верфи», и атомный ледокол «50 лет Победы» на завершающей стадии достройки у причала ОАО «Балтийский завод» (фото А. Н. Хаустова).

Журнал выпущен при поддержке ФГУП «Северное ПКБ», ФГУП «Адмиралтейские верфи», ОАО «Пролетарский завод» ФГУП ПО «Севмаш», ОАО «Амурский судостроительный завод»

Журнал «Судостроение» включен в перечень периодических научных изданий, рекомендуемых ВАК для публикации основных результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора наук

Журнал «Судостроение» также включен в Реферативный журнал и базы данных ВИНИТИ. Сведения о журнале ежегодно публикуются в международной справочной системе по периодическим и продолжающимся изданиям Ulrich's Periodicals Directory

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

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

Цветоделение
Д. Н. Демичев

Перевод
Т. С. Дорошенко

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

Ответственность за содержание рекламных материалов несут рекламодатели

При перепечатке ссылка на журнал «Судостроение» обязательна

Подписано в печать 25.07.2006 г.
Каталожная цена 100 руб.

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

Тираж 1000 экз.

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

ОАО «ПРОЛЕТАРСКИЙ ЗАВОД» — СОВРЕМЕННОЕ МНОГОНОМЕНКЛАТУРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ СУДОВОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

(К 180-летию завода)

В. Ф. Суслов, докт. техн. наук,
генеральный директор ОАО «Пролетарский завод»

Страницы 180-летней истории ОАО «Пролетарский завод», одного из промышленных старожилов Санкт-Петербурга, по праву занимают значимое место в индустриальной летописи России.

С первых дней своей деятельности (сентябрь 1826 г.) завод, названный в честь императора Александра I, подписавшего указ о его строительстве на 7-й версте Шлиссельбургского тракта, становится одним из самых мощных казенных литейных и машиностроительных предприятий Санкт-Петербурга. В его мастерских выполнялись заказы не только стратегического характера, но и изготавливалось оборудование для многих промышленных предприятий, производились изделия, которые и по сей день входят в списки российских технических приоритетов.

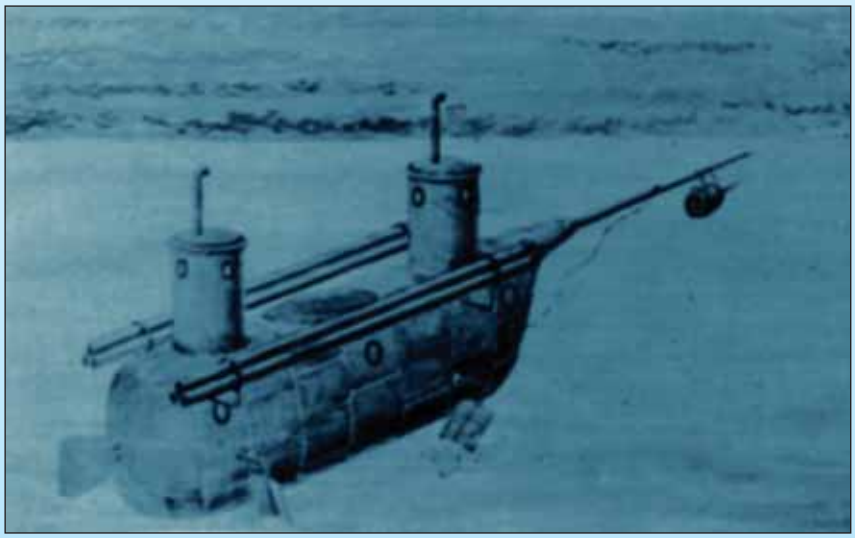
Важную роль сыграл Александровский завод в создании памятников, большинство из которых и сегодня, спустя почти 180 лет, украшают Санкт- Петербург. Невозможно представить наш город без знаменитых сторожевых львов на Адмиралтейской набережной, символизирующих силу и власть, Колесницы Славы на Арке Главного штаба, квадриги, управляемой покровителем искусств Аполлоном, на фронтоне Александринского театра, Нарвских и Московских Триумфальных ворот. Все эти достопримечательности — лишь небольшая часть того, что сделано с участием александровских умельцев для украшения Северной столицы.

Большой объем продукции изготавливал завод с первых дней своей деятельности по заказам военного и морского ведомств, а также строил пароходы для частных заказчиков. На его верфи в течение первых 20 лет было построено 17 пароходов и ряд судов специального назначения: паромные пароходы с ледопильными механизмами, с землечерпательными устройствами.

В год столетнего юбилея подводных сил России уместно упомянуть о строительстве на Александровском заводе двух подводных лодок конструкции военного инженера К. А. Шильдера. Первая из них была уникальна тем, что ее корпус был выполнен из металла, а оснащена она была целым рядом приспособлений, в дальнейшем получивших развитие и дошедших до наших дней. Примечательно, что лодка была вооружена ракетами, и при испытании ее были произведены первые в мировой истории ракетные пуски с перископной глубины. В 1867 г. в мастерских Александровского завода была построена подводная лодка по проекту военного инженера О. Б. Герна, приводимая в движение с помощью единого двигателя, работающего в надводном положении как паровая машина, а на глубине — при помощи сжатого воздуха.

В 1844 г. с началом строительства первой российской железнодорожной магистрали Санкт-Петербург—Москва завод переводится в ведомство путей сообщения. На Александровском, теперь уже механическом заводе, налаживается выпуск первых отечественных паровозов и вагонов. В 1845 г. построен первый отечественный магистральный паровоз, а в 1846 г. — вагон.

К открытию железной дороги между Санкт-Петербургом и Москвой завод полностью обеспечил ее потребности грузовыми и пассажирскими локомотивами, вагонами и тендерами. В эти же годы завод участвовал в изготовлении паровых машин для винтовых канонерских лодок по заказу Н. И. Путилова.



Первая русская цельнометаллическая подводная лодка

С 1868 г. завод находился в ведении Главного общества Российских железных дорог. Интенсивно шла реконструкция пред-

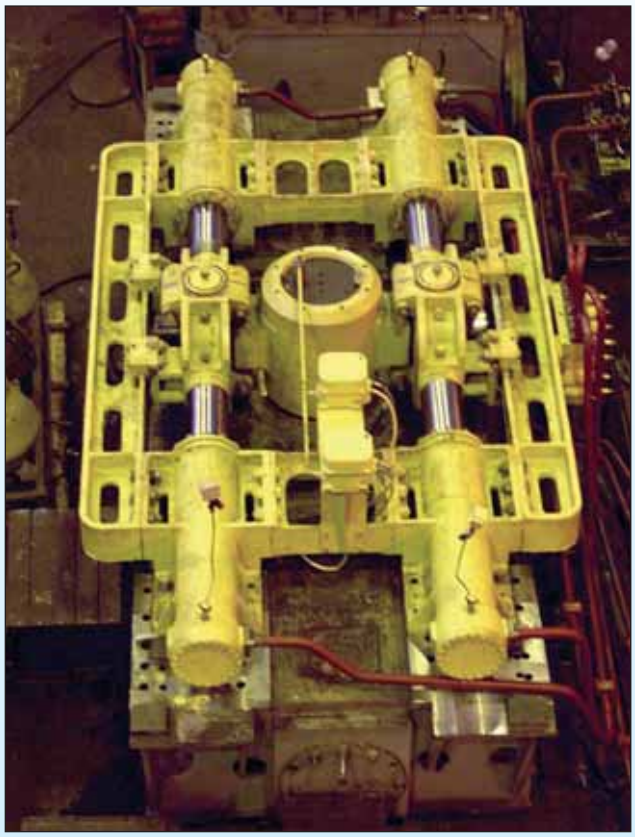
приятия. Совершенствовались локомотивы, выпускаемые заводом. Созданный на заводе в 1893 г. паровоз серии «Н» положил начало новой унифицированной серии.

С конца 90-х годов XIX века завод становится основным паровозоремонтным предприятием Северо-Запада.

В ноябре 1922 г. Александровский механический завод переименовывается в Пролетарский.

Во время Великой Отечественной войны пролетарцы мужественно сражались на всех фронтах в рядах Советской Армии, защищали свой город на Лужском рубеже в народном ополчении, строили оборонительные укрепления, в блокадном городе не прекращали работу в цехах по выпуску военной продукции, спасали свой завод от пожаров и бомбежек.

После прорыва блокады в 1943 г. завод вернулся к ремонту паровозов. За достигнутые успехи летом 1945 г. Пролетарскому заводу было вручено Знамя Государственного комитета обороны.



Электрогидравлическая рулевая машина Р 35

В 50-е годы стало очевидно, что время паровозов уходит, и на железных дорогах страны их стали активно заменять современные локомотивы с дизельной и электрической тягой. По постановлению Правительства в 1959 г. завод переводится на освоение магистральных тепловозов с гидравлической передачей ТГ 102. Завод получает название Ленинградский тепловозостроительный (ЛТЗ). В течение трех лет он построил и передал Октябрьской железной дороге 176 секций тепловозов.

Осенью 1963 г. завод был перепрофилирован на судовое машиностроение и ему возвращено название «Пролетарский завод». Такая перестройка была продиктована растущей потребностью корабелов в различных судовых механизмах. Отечественный флот уверенно выходил на океанские просторы. Создание многотоннажного танкерного флота, уникальных научных судов, рыбопромысловых баз, а также ракетно-ядерных надводных и подводных кораблей ВМФ требовало совершенно новых образцов судового оборудования с приближением его производства к судостроительным предприятиям.

Пролетарский завод более других отвечал требованиям времени, и уже через полгода после принятия решения на заводе приступили к производству судового оборудования. С конца 1965 г. начался выпуск рулевых машин для кораблей и судов различного назначения, палубных кранов, подъемно-опускных устройств для гидроакустических комплексов, винтов регулируемого шага, якорно-швартовных шпилей, специальных лебедок различного назначения и другого судового машиностроительного оборудования, в том числе и для нефте- и газодобывающей промышленности.

В 1970 г. ЦКБ завода, организованное при переходе на новую специализацию, было преобразовано в Центральный научно-исследовательский институт судового машиностроения (ЦНИИ СМ), и

Блок фильтров для очистки забортной морской воды

Гребной винт регулируемого шага

Якорно-швартовный гидравлический шпиль типа ШГ 25

было создано научно-производственное объединение (НПО) в составе института и Пролетарского завода.

С 1966 г. по лицензионному соглашению с фирмой «Хегглундс» на заводе приступили к производству судовых электрогидравлических кранов. Выпуск этих кранов (более 1500 ед. за 40 лет) и комплексов гидрооборудования для них составил одну из ведущих специализаций Пролетарского завода.

С 1976 г. в новом построенном цехе был организован выпуск силовых приводов успокоителей качки, которые устанавливались на всех крупных надводных кораблях ВМФ, построенных после 1975 г.

Этапным для судового машиностроения стало создание в объединении устройств траверзной передачи сухих и жидких грузов, предназначенных для снабжения судов и кораблей в открытом море на ходу. В 1976 г. создатели этих устройств были удостоены Государственной премии. Вскоре устройства передачи грузов начали поставляться на суда снабжения и все крупные боевые корабли (приемные устройства), в том числе поставляемые на экспорт.

В эти же годы НПО приступило к разработке и изготовлению взлетно-посадочных комплексов для первого отечественного авианесущего крейсера с самолетами горизонтального взлета и посадки. В 1990 г. ТАВКР «Адмирал флота Советского Союза Кузнецов» успешно прошел государственные испытания и был передан ВМФ.

В начале 70-х годов в НПО, впервые в СССР, начались работы по проектированию и изготовлению манипуляторных устройств для проведения аварийно-спасательных и научно-исследовательских работ в глубинах океана. В 1994 г. участники этого проекта были удостоены Государственной премии.

В 1974 г. за счет включения в состав НПО завода «Экономайзер» объединение обрело новую специализацию — энергомашиностроение. Номенклатура выпускаемых изделий расширилась в результате производства газо- и паротурбогенераторов, электро- и турбонасосов для кораблей, судов, подводных лодок, а также для большой энергетики. За 60 лет, которые прошли с момента внедрения этой специализации, на заводе «Экономайзер» выпущены: корабельные газотурбогенераторы мощностью 600...1500 кВт — свыше 400 шт. (до 20 шт. в год), питательные насосы для энергоблоков мощностью 250... 1200 МВт — для 130 электростанций; электро- и турбонасосы — более 3000 шт. Агрегат ПКБТ, создатели которого

Модернизированный кран КЭГ грузоподъемностью 12,5/7 т

удостоены Ленинской премии еще в 50-е годы, выпускается по настоящее время и пока не имеет аналогов в мировой практике.

Об универсальности предприятия свидетельствуют такие уникальные изделия, как комплекс оборудования для обеспечения подъема аварийной АПЛ «Курск», телеуправляемая самоходная тележка для ликвидаторов Чернобыльской аварии, опорно-поворотное устройство «Аякс-18» для привода антенной системы космической связи и многое другое.

В соответствии с решением правительства НПО «Пролетарский завод», одному из первых оборонных предприятий отрасли, было предоставлено право непосредственного осуществления экспортно-импортных операций. В этих целях в 1989 г. создана ВТФ «Судмаш», которая осуществляет всю внешнеэкономическую деятельность Пролетарского завода.

В 1992 г. НПО «Пролетарский завод» было преобразовано в акционерное общество открытого типа — ОАО «Пролетарский завод». После приватизации профиль производства предприятия сохранился. На существовавшем рынке завод занимал свою стабильную нишу, и портфель заказов был переполнен. Однако в 1992—1998 гг. ОАО «Пролетарский завод», как и большинство предприятий ВПК, пережило непростые времена: росли долги основных заказчиков — ВМФ, РАО ЕЭС, РАО «Газпром»; возник значительный недостаток оборотных средств; крупных инвестиций привлечь не удавалось.

Политика конверсии оборонных отраслей из-за отсутствия организационно-технического обеспечения и должного финансирования привела к резкому снижению заказов для ВМФ и падению внутреннего спроса на продукцию предприятия, которое было вынуждено поставлять уникальное оборудование в основном за рубеж.

В сложившейся обстановке на предприятии принимались меры по сохранению производственного потенциала. Велись поиски новых рынков, осваивались судовые машины, конвертированные для использования в общепромышленных целях и в береговых условиях, выпускались нетрадиционные виды продукции, такие как: газотурбогенераторы мощностью 1500 кВт, работающие на природном газе; паротурбогенераторы мощностью 600—1500 кВт, использующие отработанный пар технологических котельных; насосы различной модификации для парогазовых ТЭЦ и Мутновской геотермальной электростанции (на Камчатке); специализированный манипуляторный комплекс для геологоразведочных работ в районе прибрежного шельфа; подземные буровые станки для извлечения из шахт высоковязкой нефти (впервые в мировой практике); самоходные установки (СУРКП) для монтажа и ремонта контактных проводов; комплекс оборудования для металлургии (для замены дорогостоящего импортного); первый в России железнодорожный самоходный кран СМ-539 грузоподъемностью 150 т, оснащенный бортовым компьютером; пресс-грануляторы по производству комбикормов.

Довольно ощутимый импульс к интенсификации производства предприятие получило в мае 2004 г., когда Восточно-Европейская финансовая корпорация (ВЕФК), в состав которой входит ряд авторитетных банков, приобрела значительный пакет акций ОАО «Пролетарский завод». Предприятие сразу же на деле ощутило благотворные плоды такой совместной деятельности. Практически перестала существовать острая проблема пополнения оборотных средств. В 2005 г. корпорация приобрела для энергомашиностроительного производства несколько уникальных высокоточных станков большой производительности. С помощью ВЕФК предполагается и в дальнейшем продолжить процесс обновления производственных мощностей и освоения новых эффективных технологий, что является непременным условием конкурентоспособности предприятия.

Решение проблемы развития занимает особое место в деятельности завода, так как только при

условии постоянного развития предприятия и судовой машиностроительной техники можно в условиях рыночной экономики обеспечить конкурентоспособность.

В настоящее время разрабатывается Программа развития ОАО «Пролетарский завод» и ЗАО «ЦНИИ СМ» на период 2007—2009 гг., где будет представлен научно обоснованный комплекс мероприятий, охватывающий все стороны научно-технической и производственной деятельности предприятия.

Основные положения этой Программы были рассмотрены в июне 2006 г. на Научно-техническом совете предприятия и приняты за основу для ее разработки.

Основополагающими направлениями развития предприятия являются:

• материально-техническое перевооружение производства с освоением новых эффективных технологий и оптимизацией управления производством;

• техническое развитие перспективных направлений судового машиностроения путем проведения НИОКР на системной основе;

• обеспечение предприятия высокопрофессиональными кадрами путем: ускоренной адаптации к производству студентов СПбГМТУ через обучение на филиале кафедры ТСМ при предприятии; повышения квалификации и переподготовки специалистов в Научно-производственном учебном центре судового машиностроения, который создается на предприятии. Он также будет вести подготовку специалистов и для других предприятий судового машиностроения.

Работа коллектива предприятия по этим направлениям при активной поддержке основных акционеров ведется и уже дала ряд положительных практических результатов, о чем свидетельствуют итоги работы ОАО «Пролетарский завод» в 2005 г.

Газотурбогенератор мощностью 1,5 МВт

Основными потребителями оборонной продукции ОАО «Пролетарский завод», которая составляет более 50% от общего объема, являются ведущие судостроительные предприятия России: ФГУП ПО «Севмаш», ФГУП «Адмиралтейские верфи», ОАО СЗ «Северная верфь», ОАО «Балтийский завод», ОАО «Завод "Красное Сормово"», ОАО «Амурский судостроительный завод» и др. Значительный объем продукции поставляется по заказам ФГУП «Рособоронэкспорт» для ВМФ Китая и Индии.

Высокая надежность и конкурентоспособность продукции гарантируется всеми необходимыми нормативными документами (сертификатами, лицензиями и т. п.).

За высокие достижения в производстве судового оборудования предприятие награждено орденом Октябрьской Революции. Участники создания новой техники удостоены Ленинской и трех Государственных премий СССР. Целый ряд работников предприятия получил высокие государственные награды и звания, медали ВДНХ. Предприятие является дипломантом профильных выставок «Нева», МВМС, «Российский промышленник», завоевывает призы, участвуя в федеральных и региональных экономических программах.

Закладка ряда крупных кораблей (ПРКСН «Владимир Мономах», фрегата «Адмирал флота Горшков» и др.), продолжение крупномасштабных работ на корабле «Vikramaditya» и объектах большой энергетики, нефтяной и газовой промышленности позволяют с оптимизмом смотреть в обозримое будущее нашего 180-летнего юбиляра!

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
ПРОЛЕТАРСКИЙ ЗАВОД
192029, Санкт-Петербург, ул. Дудко, д. 3
www.proletarsky.ru E-mail: marketing@proletarsky.ru
Тел.: (812) 567- 32-30. Факс: (812) (812) 567-37-33

НА СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

ОАО СЗ «СЕВЕРНАЯ ВЕРФЬ»

16 мая на заводе состоялся спуск на воду (с помощью плавдока) головного корвета «Стерегущий» пр. 20380. В церемонии приняли участие Главнокомандующий ВМФ России адмирал флота В. В. Масорин, губернатор Санкт-Петербурга В. И. Матвиенко, генеральный директор ЗАО «Объединенная промышленная корпорация» А. В. Гнусарев, генеральный директор ОАО СЗ «Северная верфь» А. С. Бузаков, генеральный директор — генеральный конструктор ФГУП ЦМКБ «Алмаз» А. В. Шляхтенко, генеральный директор ФГУП ЦНИИТС В. Д. Горбач и др.

Проект корвета разработан ЦМКБ «Алмаз» (главный конструктор И. Н. Иванов). Это многоцелевой корабль морской зоны, предназначенный для борьбы с надводными кораблями, подводными лодками, для обеспечения ПВО, а также для артиллерийской поддержки высадки и действий морского десанта. Водоизмещение корвета около 2000 т, общая длина 105 м, длина по ватерлинии 90 м, максимальная скорость 27 уз, дальность автономного плавания (при 14 уз) — 4000 миль, экипаж (с учетом группы обслуживания вертолета) — 100 чел.

Создание корабля дало мощный толчок к возрождению российской промышленности в части развития высоких технологий. В проект внедрен 21 патент, выдано 14 свидетельств о регистрации программ для ЭВМ. Были использованы новейшие решения по уменьшению физических полей корабля (технология «стелс»). В частности, удалось значительно снизить радиолокационную заметность корабля в результате применения в качестве материала надстройки трудногорючих стеклопластиков со свойствами радиопоглощения, а также за счет архитектурной компоновки корпуса и надстройки, размещения антенных постов внутри радиопрозрачных башенных мачт.

Корабль будет оснащен новыми образцами российского оружия, радиоэлектронного и гидроакустического вооружения для решения задач УРО, ПВО и ПЛО. Состав вооружения корвета сбалансирован по задачам и источникам целеуказания. Все системы корабля, в том числе боевые, управляются при помощи современных интегрированных информационных систем, разработанных на отечественных предприятиях. В ходе проектирования корвета были применены самые эффективные технологии и технические решения, используемые

Головной корвет «Стерегущий», построенный ОАО СЗ «Северная верфь», готов к спуску на воду

Заполнение спускового плавдока водой в процессе спуска «Стерегущего»

Открытие торжественного митинга на «Северной верфи» по случаю спуска корвета «Стерегущий»

в военном судостроении. В частности, модульный принцип строительства корабля не только снижает производственные затраты, но и обеспечивает его высокий модернизационный ресурс в течение всего жизненного цикла (30 лет).

В создании головного корвета приняли участие свыше 70 российских научно-исследовательских, проектных и промышленных предприятий, в том числе «Аврора», «Альтаир» (МНИИРЭ), Коломенский завод, Средне-Невский судостроительный завод, Туламашзавод, ЦНИИ им. Крылова, ЦНИИТС и др. Передача корвета «Стерегущий» ВМФ запланирована на начало 2007 г. На первом серийном корвете «Сообразительный» (заложен в мае 2003 г.) завершено формирование корпуса, на втором серийном «Бойкий» (заложен в июле 2005 г.) ведутся корпусные работы. В текущем году намечено приступить к строительству третьего серийного корабля. Утвержден и экспортный облик корвета.

Главнокомандующий ВМФ России адмирал В. В. Масорин отвечает на вопросы журналистов после спуска корвета «Стерегущий»

В настоящее время на «Северной верфи» в постройке находятся три сторожевых корабля (корвета) пр. 20380, фрегат пр. 22350 и специальное судно связи пр. 18280 для ВМФ РФ. Эскадренный миноносец пр. 956ЭМ достраивается для иностранного заказчика. Осуществляется ремонт БПК «Вице-адмирал Кулаков» и эсминца «Расторопный» Северного флота. Основные акционеры завода — ЗАО «Объединенная Промышленная Корпорация» (72,23%) и РФФИ (20,96%).

ФГУП «АДМИРАЛТЕЙСКИЕ ВЕРФИ»

17 мая адмиралтейцы передали ОАО «Совкомфлот» танкер-продуктовоз «Teatralny Bridge» (заводской номер 02745) — пятый в серии из шести судов

Главные размерения танкера: длина — 182,4, ширина — 32,2, высота борта — 17,5 м, дедвейт — 47400 т, скорость хода 15 уз, главный двигатель — дизель мощностью 8310 кВт, район плавания — незамерзающие моря.

Танкер предназначен для перевозки на международных маршрутах до 5 различных видов грузов одновременно, в том числе сырой нефти, нефтепродуктов, растительных масел, животных жиров. Это современное транспортное судно с дальностью автономного плавания 15 750 миль, оснащенное новейшим оборудованием и соответствующее всем международным стандартам безопасности.

Отличительными особенностями данного судна являются улучшенная конструкция корпуса и навигационный комплекс, обеспечивающий уп-

Корабелы «Северной верфи» и гости, пришедшие на спуск корвета. На втором плане — корпус судна снабжения буровых платформ, построенный для норвежской компании

Почетный караул моряков Балтийского флота

17 мая танкер «Teatralny Bridge», построенный ФГУП «Адмиралтейские верфи», был передан ОАО «Совкомфлот»

Команда танкера «Teatralny Bridge» готова к приему гостей и журналистов после официальной церемонии сдачи судна

равление судна одним вахтенным с ходового мостика, в соответствии с требованиями в символе класса.

Танкер построен под надзором Регистра Ллойда и отвечает всем международным требованиям — SOLAS, MARPOL, IMO, EXXON-MOBIL, требованиям береговой охраны США.

Головное судно «Troitsky Bridge» (зав. № 02740) было передано заказчику в ноябре 2003 г. В настоящее время этот танкер работает на маршруте США—Мексиканский залив—Западная Европа. Второе судно — «Tuchkov Bridge» (зав. № 02741) — передано заказчику в апреле 2004 г., третье — «Tower Bridge» — сдано в эксплуатацию в декабре 2004 г., четвертое — «Torgovy Bridge» — сдано в сентябре 2005 г. Поставка пятого — «Tavrichesky Bridge» — намечена на октябрь 2006 г.

17 мая состоялась также церемония подписания судостроительных контрактов между ОАО «Совкомфлот» и ФГУП «Адмиралтейские верфи». Был оформлен крупнейший в истории российского гражданского судостроения заказ. В мероприятии

Генеральный директор ФГУП «Адмиралтейские верфи» В. Л. Александров дает интервью журналистам на борту танкера «Teatralny Bridge»

приняли участие министр промышленности и энергетики РФ В. Б. Христенко, заместитель министра транспорта РФ С. А. Аристов, губернатор Санкт-Петербурга В. И. Матвиенко, генеральный директор ЗАО «Севморнефтегаз» Ю. А. Комаров, генеральный директор ФГУП «Адмиралтейские верфи» В. Л. Александров, генеральный директор ОАО «Совкомфлот» С. О. Франк.

Условия подписанных контрактов предусматривают строительство пяти танкеров. Это — два уникальных арктических танкера-челнока (№ 02750, 02751), предназначенных для транспортировки нефти с месторождения Приразломное (оператор проекта — ЗАО «Севморнефтегаз»), которая должна начаться в 2008 г. Суда с усиленным ледовым классом дедвейтом 70 000 т будут работать под российским флагом. Танкеры должны соответствовать правилам двойной классификации — Российского морского регистра судоходства и Lloyd Register, включая ледовый класс ЛУ 6 (1А Super — по международной классификации). Тан-

Верхняя палуба танкера «Teatralny Bridge»

В рулевой рубке танкера «Teatralny Bridge»

керы будут оборудованы двумя винторулевыми колонками типа «Азипод» (поворотный на 360 градусов электроприводной винторулевой комплекс), системой динамического позиционирования, вертолетной площадкой и системой носового приема груза в арктическом исполнении. Предусматривается возможность работы судов без сопровождения ледокола в зимнее время во льдах толщиной до 1,2 м. Главные размерения танкеров: длина 257, ширина 34 и осадка около 14 м. Дизель-электрическая энергетическая установка, состоящая из двух главных двигателей, обеспечит общую мощность 17 МВт.

Три танкера-продуктовоза (№№ 02746, 02747, 02748) дедвейтом 47400 т продолжат серию из шести судов, заказанных ранее ОАО «Совкомфлот» на «Адмиралтейских верфях».

ФГУП «СРЕДНЕ-НЕВСКИЙ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД»

26 мая со стапеля Средне-Невского судостроительного завода был спущен на воду новый корабль «Вице-адмирал Захарьин» для ВМФ России — противоминный корабль морской зоны пр. 02668 типа «Агат». Проект разработан ФГУП ЦМКБ «Алмаз» (главный конструктор Ш. А. Мустафин) на базе пр. 266МЭ, являющегося экспортной модификацией пр. 266М. Корабли этих проектов строились в большом количестве и не только для отечественного ВМФ, но и для зарубежных заказчиков: 36 ед. поставлено ВМФ России, 23 ед. в страны Ближнего Востока и Юго-Восточной Азии. Новый корабль, сохранив корпус и механическую установку, вобрал в себя последние достижения военного кораблестроения и противоминного вооружения.

Тральщик предназначен для поиска и уничтожения якорных и донных мин с помощью механического, магнитного или акустического тралов, а также посредством подводных аппаратов впереди по курсу. Его основные характеристики: водоизмещение 822 т, длина наибольшая 61, ширина 10,2, средняя осадка 3 м, максимальная/экономическая скорость 16/12 уз, дальность плавания около 3000 миль, автономность 15 сут, материал корпуса — маломагнитная сталь, экипаж 60 чел.

Этапы спуска противоминного корабля морской зоны «Вице-адмирал Захарьин», построенного ФГУП «Средне-Невский судостроительный завод»

Бывший директор Средне-Невского судостроительного завода В. А. Емельянов с ветеранами и работниками завода в день спуска корабля «Вице-адмирал Захарьин»

Директор ФГУП «Средне-Невский судостроительный завод» М. И. Швалев отвечает на вопросы журналистов после спуска корабля «Вице-адмирал Захарьин»

Мореходные качества обеспечивают безопасное плавание при волнении моря до 9 баллов включительно. Энергетическая установка: два дизеля М503-Б мощностью по 1840 кВт каждый, работающих на два гребных пятилопастных винта регулируемого шага; четыре дизель-генератора ДГРА-200/1500 мощностью по 200 кВт; два подруливающих устройства.

В создании корабля приняли участие 14 предприятий России. Специалистам ЦМКБ «Алмаз» совместно с предприятиями — создателями основного вооружения (ГНПП «Регион» НПО «Марс», ЦНИИ «Гидроприбор», Таганрогский завод «Прибой» и др.) в пр. 02668 удалось скомбинировать средства траления мин и средства поиска и уничтожения их на безопасном для корабля расстоянии. Внедрение современных информационных технологий позволило значительно повысить качество управления кораблем и системами вооружения. В проект внедрено 4 патента, использовано свыше 20 авторских свидетельств. Корабль послужит базовой платформой для нового проекта корабля противоминной обороны XXI века, который займет достойное место в ВМФ России.

Противоминные корабли занимают не последнее место в структуре любого флота, так как обеспечивают безопасность надводных и подводных кораблей и судов от минной угрозы. Насколько она может быть серьезна, показывает печальный опыт Великой Отечественной войны: стороны несли чудовищные потери в военно-морской технике и живой силе. Есть примеры и из недалекого прошлого: во время очередного обострения обстановки на Ближнем Востоке акватории Красного моря и Персидского залива были буквально усеяны морскими минами. В результате, подрывы коммерческих судов на минах даже с незначительным количеством взрывчатого вещества приводили к практически полному прекращению судоходства. Технологии производства морских мин постоянно совершенствуются, создаются все более «умные», а значит, более опасные мины, поэтому роль противоминных кораблей в структуре любого военно-морского флота по-прежнему остается чрезвычайно важной.

Средне-Невский судостроительный завод специализируется на постройке именно таких кораблей. В настоящее время его производственные мощности существенно недогружены. Предыдущий тральщик «Валентин Пикуль» был спущен на воду в мае 2000 г.

Сейчас с участием московской компании ООО «Макслевел-Комплект» осуществляется реконструкция и перевооружение стеклопластикового производства. Срок окончания работ — IV квартал 2007 г.

ФГУП ПО «СЕВМАШ»

ФГУП ПО «Севмаш» стало победителем закрытого конкурса концерна «Росэнергоатом» на сооружение и поставку плавучего энергоблока для атомной теплоэлектростанции малой мощности (АТЭС ММ). Это первый в мире проект подобного рода. Изначально разрабатывался для теплоснабжения города Певек (Чукотка). В сентябре 2000 г. Минатом, концерн «Росэнергоатом», администрация Архангельской области и ФГУП ПО «Севмаш» подписали декларацию о намерениях строительства головной АТЭС ММ в Северодвинске. В ноябре 2001 г. постановлением Правительства РФ проект включен в федеральную целевую программу «Энергоэффективная экономика». В октябре 2002 г. утвержден технический проект плавучего энергоблока — несамоходного судна с реакторными установками КЛТ-40С. Успешно пройдены все предусмотренные законодательством экспертизы и согласования, включая Государственную экологическую экспертизу, Главгосэкспертизу России, получены лицензии Госатомнадзора и Ростехнадзора. В мае 2005 г. коллегия Росатомта приняла решение о строительстве головной АТЭС ММ в Северодвинске с 2006 г.

Головная станция предназначена для обеспечения электрической и тепловой энергией Севмаша. В реализации проекта участвуют более 20 предприятий России. В перспективе подобные сооружения планируется использовать в отдаленных регионах Крайнего Севера и Дальнего Востока, куда трудно завозить обычное топливо.

Севмаш изначально являлся одним из инициаторов реализации проекта, активно способствовал его продвижению в различных инстанциях.

Севмаш сейчас полностью готов к реализации нового перспективного конверсионного проекта — строительству атомных теплоэлектростанций малой мощности. После подписания контракта за четыре года необходимо будет построить корпус, изготовить энергетическое оборудование, выполнить все монтажные работы. На территории Севмаша будет сооружена необходимая для эксплуатации береговая инфраструктура.

* * *

Атомный крейсер «Адмирал Нахимов» (пр. 1144, бывш. «Калинин») включен в государственную программу вооружения, и его средний ремонт будет профинансирован. Планируется замена морально устаревшего радиоэлектронного вооружения, установка нового оборудования и устройств, обновление ракетных комплексов.

* * *

30 мая состоялась закладка второй яхты по заказу компании «Балтика». Создание крупных круизных яхт (мега-яхт) — перспективное направление для Севмаша. Этот сегмент судостроительного рынка в России практически не освоен. Многолетний опыт Севмаша в производстве сложнейшей военной техники и гражданских судов, развитая производственная база, высококвалифицированный персонал — залог успешного выполнения контракта в соответствии с мировыми стандартами. К настоящему времени на предприятии технологически подготовлено производство для серийного строительства мега-яхт. Корпус первого судна формируется на стапеле. Российских аналогов океанской яхты такого класса не существует. Проект разработан фирмой «Агат Дизайн Бюро» (Санкт-Петербург). В процессе доработки первоначального пр. А133 по пр. А1331 увеличена длина судна, дальность плавания, на борту предусмотрена вертолетная площадка.

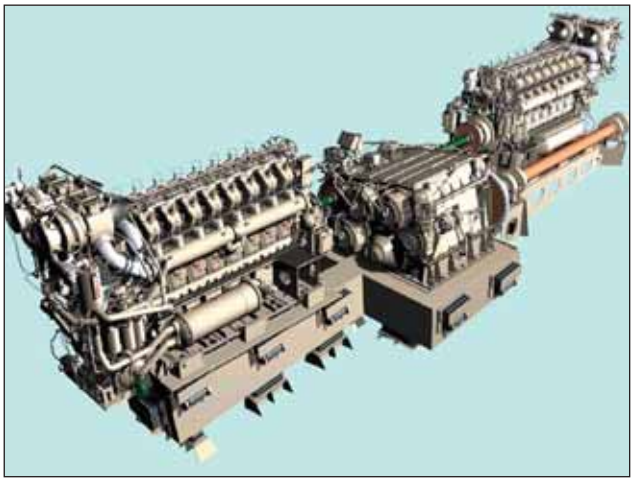
* * *

В июне завершилась операция по выгрузке отработавшего ядерного топлива из реакторов подводного крейсера ТК-12 (пр. 941), утилизируемого в рамках российско-американской программы «Совместное уменьшение угрозы». Работы проводятся совместно с ФГУП МП «Звездочка». После частичной выгрузки оборудования корпус разрежут в доккамере, а блок с реакторными отсеками герметизируют и отбуксируют в пункт длительного хранения.

Судно снабжения буровых платформ «Louisa» построено ОАО «Выборгский судостроительный завод» для норвежской компании

* * *

На Севмаше в конце мая началось обучение специалистов из Индии в рамках контракта на переоборудование и модернизацию тяжелого авианесущего крейсера «Адмирал Горшков» в авианосец («Викрамадитья») для ВМС Индии. Заводские специалисты будут преподавать индийцам особенности ремонта валопроводов, винторулевой группы, пусковых установок, полимерных конструкций и материалов. Севмаш совместно с Кронштадтским учебно-производственным центром ВМФ должен подготовить до 2007 г. более 200 специалистов по 50 специальностям.



Дизель-редукторный агрегат 1ДДА12000 (Коломенский завод)

ОАО «ВЫБОРГСКИЙ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД»

23 мая на заводе состоялся спуск корпуса судна снабжения буровых платформ пр. VS 470 PSV Mk II. Заказчик — норвежская верфь Aker Langsten AS, которая входит в концерн Aker Group. Судно, названное «Louisa», имеет следующие характеристики: наибольшая длина 73,4, ширина 16,6, высота борта до главной палубы 7,6, максимальная осадка 6,5 м, дедвейт — около 3550 т.

Судно предназначено для эксплуатации в суровых климатических условиях, поэтому к качеству его конст-

рукций предъявляются самые жесткие требования. В процессе подготовки и строительства судна велось тесное взаимодействие со специалистами норвежской стороны, что позволило разработать оптимальную технологию, привязанную к техническим возможностям выборгской верфи.

В течение пяти последних лет на заводе построено 16 корпусов судов различного назначения, среди которых 9 траулеров, спасательное судно обеспечения платформ, 2 парома и 4 судна снабжения. В настоящее время строятся еще четыре корпуса специализированных судов с высоким уровнем насыщения механизмами и системами, получены предложения на несколько аналогичных судов со сдачей «под ключ». Многолетний опыт сотрудничества с норвежскими заказчиками показал, что ОАО «Выборгский судостроительный завод» является надежным партнером при реализации проектов любой сложности.

ФГУП «ХАБАРОВСКИЙ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД»

3 мая состоялся спуск на воду речного артиллерийского катера пр. 12130 «Огонек», предназначенного для охраны государственной границы с Китаем на реке Амур. После этого начались швартовные и ходовые испытания корабля. «Огонек» спроектирован ФГУП «Зеленодольское ПКБ», первый катер данного проекта сдан флоту Хабаровским судостроительным заводом в 1998 г. Он призван решать следующие задачи: несение патрульной и дозорной службы; уничтожение катеров, огневых точек, боевой техники и живой силы; огневая поддержка высадки десанта и огневое сопровождение действий десанта на берегу; высадка десантных групп; охрана транспортных судов.

Отличительной особенностью катера является его малая осадка (0,8 м) при стандартном водоизмещении 91 т и скорости около 40 км/ч, что позволяет катеру плавать по мелководным протокам и во время сезонного уменьшения уровня воды в реках. Преимуществом катера является его конструкция, позволяющая сходить с мели без повреждения движительного комплекса. Катер имеет на вооружении автоматическую

ПО «Севмаш» стало победителем конкурса на сооружение плавучего энергоблока для атомной теплоэлектростанции малой мощности

30-мм шестиствольную артустановку АК-306, 12,7-мм спаренную турельно-башенную пулеметную установку, ПЗРК «Игла», пулеметы ПМКБ.

Сегодня на стапелях завода находится еще один катер данного проекта, но из-за несвоевременного и незначительного финансирования в рамках гособоронзаказа его постройка уже растянулась на 12 лет.

ОАО «ТЮМЕНСКИЙ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД»

Вторая часть плавучего бурового комплекса «Обский-1» — плавучая база комплексного обеспечения бурения (ПБКОБ) — в мае спущена на воду. Создаваемый на заводе комплекс «Обский-1» предназначен для эксплуатации на акватории Обской и Тазовской губ в межледовый период на глубинах от 2 до 10 м. Глубина бурения скважин — до 2500 м. Комплекс состоит из двух объектов — плавучей погружной буровой установки ППБУ (разработчик ОАО ЦКБ «Коралл») и ПБКОБ (разработчик ФГУП СПМБМ «Малахит»). Заказчик ОАО «Газпром».

ППБУ представляет собой несамоходное плавсредство с опорным основанием (погружаемым корпусом) и установленной на нем эстакадой, на которой размещены буровая установка БУ 2900/175 ЭПК и вспомогательное оборудование, габаритная длина около 100 м, водоизмещение порожнем свыше 2000 т.

ЗАО «ТРАНСМАШХОЛДИНГ»

ЗАО «Трансмашхолдинг» — одна из крупнейших в России компаний, объединяющая ведущие предприятия транспортного машиностроения: Новочеркасский электровозостроительный завод, Брянский машиностроительный завод, Коломенский завод, Пензадизельмаш, Бежицкий сталелитейный завод, Тверской вагоностроительный завод, Демиховский машиностроительный завод, Метровагонмаш, Октябрьский электровагоноремонтный завод, Центросвар, НПО «Транспортное машиностроение», Трансконвертер (совместное предприятие с компанией «Сименс АГ»). Предприятия «Трансмашхолдинга» производят магистральные и промышленные электровозы, магистральные и маневровые тепловозы, грузовые и пассажирские вагоны, вагоны электропоездов и метро, рельсовые автобусы, вагонное литье, тепловозные и судовые дизели, дизель-генераторы и др.

Одно из стратегических направлений развития «Трансмашхолдинга» — современные двигатели для морского и речного флотов. Инвестиции в новые разработки и современные технологии производства позволяют компании постоянно расширять свое присутствие на рынке судового дизелестроения, где ее представляют три флагмана российской промышленности: Коломенский завод (КЗ), Брянский машиностроительный завод (БМЗ) и Пензадизельмаш (ПДМ). На этих предприятиях изготовлено более 15 000 двигателей и энергетических установок для кораблей и судов. Для гражданского и военного флота выпускаются малооборотные дизели по лицензии компании MAN B&W мощностью 2000—30 000 кВт (БМЗ), среднеоборотные дизели мощностью 450—5000 кВт (КЗ), дизель-генераторы (КЗ и ПДМ) и турбокомпрессоры (ПДМ), запасные части и комплектующие, проводится обслуживание судовых дизелей любых типов.

25 мая ЗАО «Трансмашхолдинг» заключило контракт с ФГУП «Адмиралтейские верфи» на производство и поставку двух судовых дизелей. В соответствии с подписанным контрактом БМЗ изготовит для «Адмиралтейских верфей» два дизеля модели ДБ62 (6S50MC-C по классификатору MAN B&W) мощностью 9480 кВт с частотой вращения 127 об/мин. Судовые малооборотные дизельные двигатели мод. ДБ62 — двухтактные, реверсивные, крейцкопфные, с турбонаддувом, с прямой передачей на греб-

ной винт фиксированного или регулируемого шага. Предназначены для установки на судах в качестве главной энергетической установки.

На БМЗ изготовлен и успешно прошел испытания судовой дизель ДБ62 и для зарубежного заказчика — болгарской верфи Bulyard Shipbuilding Industries (Варна). На стендовых испытаниях 25 мая присутствовали специалисты болгарской компании — Цветан Въборнов и Иван Бояджиев. Для дизеля ДБ62 мощностью 9480 кВт с частотой вращения 127 об/мин впервые применено электронное управление лубрикатором смазки цилиндров. Новинка обеспечивает значительную экономию масла.

Кроме Болгарии, в этом году машиностроители делают судовые двигатели для Кореи, Вьетнама, Украины, а всего планируют поставить 12 дизелей (в прошлом году было 5).

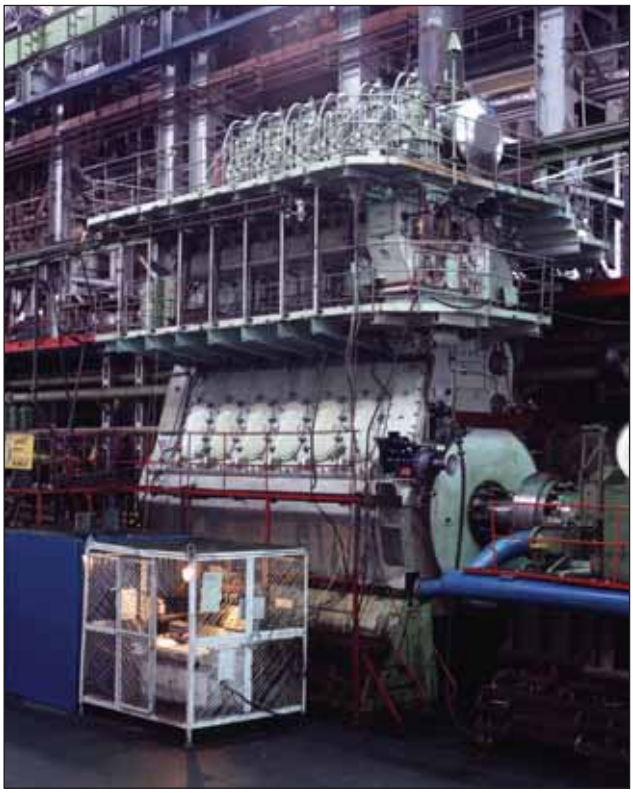
Коломенский завод принимает участие в постройке головного многоцелевого корвета пр. 20380 «Стерегущий», поставив «Северной верфи» дизели мод. 16Д49.

Главной энергетической установкой корвета является дизель-дизельный агрегат 1ДДА12000, состоящий из двух дизелей 16Д49 и реверс-редукторного агрегата. Принципиальным отличием агрегата является обеспечение на режимах реверсирования высокой мощности при минимальных расходах топлива и масла. Агрегат оснащен современной микропроцессорной системой управления и контроля основных параметров работы.

В июне в ПО «Севмаш» завершили выгрузку отработавшего ядерного топлива из реакторов подводного крейсера ТК-12 (пр. 941). Фото М. В. Воркункова

ОАО «БАЛТИЙСКИЙ ЗАВОД»

Завод завершил в мае реализацию одного из крупнейших машиностроительных контрактов последних лет — изготовление серии главных корабельных котлов для индийского авианосца «Vikramaditya» (бывший «Адмирал Горшков»). Контракт на изготовление 9 котлов завод заключил с ФГУП ПО «Севмаш» в июне 2004 г. По словам директора по экономике Олега Костикова, стоимость контракта составила около 20 млн дол. Объем выручки предприятия от выполнения других машиностроительных заказов в 2006 г. составит 22 млн дол. Прогноз на 2007 г., исходя из перспектив развития отрасли, — не менее 25 млн дол.



Судовой малооборотный дизель модели ДБ62 (Брянский машиностроительный завод)

Первый котел для авианосца завод изготовил в мае 2005 г. Агрегат смонтировали на испытательном стенде для использования в качестве тренажера для обучения экипажа корабля основам ремонта и обслуживания энергетической установки. В дальнейшем опытный образец котла отправят в Индию на базу подготовки плавсостава. Остальные восемь агрегатов будут установлены на авианосце.

Котлы — модернизированные марки КВГ-3 — КВГ-3Д. Работают они на дизельном топливе, а не на мазуте, как прежде. Это повышает экономичность энергетической установки и значительно увеличивает ее КПД. Теплообменные трубы для котлов изготовлены из специальной коррозионно-стойкой стали, что обеспечивает прочность и долговечность изделий.

Согласно требованиям индийской стороны при производстве котлов завод применил безасбестовую изоляцию. Новый материал на основе минеральных волокон является экологически чистым и безопасным для команды.

В подборке использованы информационные материалы, предоставленные редакции предприятиями и организациями, а также из газеты «Корабел» и Интернета. На стр. 8—12 фото А. Н. Хаустова.

Большому кораблю — большое плавание

В 2006 году Российский морской регистр судоходства дал «зеленый свет» PSM-HYDRAULICS® на продажу своей продукции, выдав Свидетельство РС о типовом одобрении. В этом же году Российский речной регистр выдал сертификат об одобрении типового изделия. На сегодняшний день освоение рынка судостроения — одна из первостепенных задач для известного екатеринбургского предприятия.

Российское судостроение — наша прерогатива

PSM-HYDRAULICS® по праву можно назвать успешным предприятием. За 90 лет существования компания стала ведущей в России, СНГ и ближнем зарубежье по производству гидравлической продукции для широкого спектра предприятий. Об этом говорят цифры: 90% рынка аксиально-поршневой гидравлики в России и СНГ — продукция уральской компании. Практически все автокраны и экскаваторы на территории России оснащены ее изделиями.

Основу клиентской базы компании составляет более 300 крупнейших предприятий, среди которых такие бренды, как «Ивановский автокран», «Тверской экскаватор», «Брянский арсенал», УВЗ, «Ковровец» и многие другие компании.

За 35 лет работы на рынке силовой гидравлики более 600 000 экскаваторов, 500 000 автокранов, 400 000 коммунальных машин и 250 000 погрузчиков оснащено продукцией PSM-HYDRAULICS®.

Однако останавливаться на достигнутом не свойственно лидеру. Сейчас одной из приоритетных целей менеджмента предприятия является установление деловых партнерских отношений с российскими судостроителями. Компания, имея многолетний опыт и весомый статус, выходит на этот рынок с широким ассортиментом продукции.

Изделия силовой гидравлики предназначены для установки в механизмах с гидравлическим приводом на морских судах неограниченного района плавания, а также в грузовых устройствах общепромышленного назначения. Это аксиально-поршневые регулируемые и нерегулируемые гидромоторы и насосы, использующиеся в тралах, судовых и грузовых кранах, якорно-буксировочных лебедках, рулевых машинах, задвижках люков на судах, талях и подъемниках.

Продукция компании отвечает всем мировым стандартам и подтверждена сертификатом одобрения международной компании Lloyd's Register на соответствие международному стандарту ISO 9001:2000.

Качество и кадры — почти одно и то же

PSM-HYDRAULICS® — это единственная на сегодняшний день компания в России, которая владеет масштабным производством гидрооборудования. Качество выпускаемой продукции признано потребителями и обусловлено наличием высококвалифицированного инженерно-технического персонала и самого современного металлообрабатывающего оборудования.

Изготовление современных гидромашин сегодня осуществляется на оборудовании мировых лидеров станкостроения: «Okuma», «Mazak» и «Kitamura», «Rainiker», «Mikromat», «Mahler», «Sunnen», HTT, TSS. В рамках плана технического перевооружения завода в 2002—2005 гг. на предприятие поступило и введено в эксплуатацию еще 39 единиц современного оборудования. Всего за этот период в реконструкцию производства было инвестировано более 50 млн дол. Вся продукция, поставляемая потребителю, подвергается испытаниям в аккредитованной заводской лаборатории.

Сотрудничество — путь к развитию

PSM-HYDRAULICS® являлось и является по сей день динамично развивающимся предприятием с постоянно растущей дилерской сетью. Региональные представители в таких крупных городах, как Москва, Киев, Минск, Санкт-Петербург, Нижний Новгород, Ростов-на-Дону и многих других, обеспечивают практически все регионы России, страны СНГ, Европы и Азии.

Располагая высоким научно-техническим потенциалом и собственной экспериментально-производственной базой, оснащенной новейшим оборудованием, с помощью современных методов исследований и испытаний, уникальных конструкторских разработок предприятие выпускает конкурентоспособную продукцию широкой номенклатуры, соответствующую мировым аналогам, а в отдельных случаях и превосходящую их.

Как стабильная и энергично развивающаяся компания, «ПСМ-Гидравлика» уверенно и оптимистично смотрит в будущее своего бизнеса и открыта для любых видов сотрудничества.

Со всеми вопросами, пожеланиями и предложениями Вы можете обратиться по адресу:

620100, Россия, г. Екатеринбург,
ул. Сибирский тракт, 1-й км, д. 8
Тел./факс: +7(343) 264-66-44
+7(343)229-94-20
E-mail: psm@psm-hydraulics.com
Web: www.psm-hydraulics.com

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ КРЫЛЬЕВОГО КОМПЛЕКСА СПК СО СМЕШАННЫМИ ПЕРЕМЕННЫМИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Г. А. Животовский, канд. техн. наук, **А. А. Родионов,** докт. техн. наук (СПбГМТУ)

УДК 629.5.025.1.001.62

Крыльевой комплекс (КК) является одной из наиболее ответственных и сложных подсистем судов на подводных крыльях (СПК), определяющей во многом эффективность и работоспособность судна. Сложность проектирования КК обуславливается сложностью уравнений, описывающих его поведение, большим числом варьируемых параметров, многокритериальностью при анализе состояния КК, необходимостью учитывать несколько связанных друг с другом дисциплин.

Принятые сегодня в практике проектирования методы включают в себя несколько приближений: в первом выбор элементов КК производится по упрощенным статистическим зависимостям одновременно с назначением водоизмещения, главных размерений и архитектурно-компоновочной схемы судна; во втором уточняются элементы КК, выбираются конструктивные параметры, производится расчет сопротивления, оценивается поперечная и продольная остойчивость при движении; в третьем на основе вариаций параметров, полученных во втором приближении, выбирается наилучший вариант КК, для которого выполняются детальные прочностные и гидродинамические расчеты и экспериментальные работы в опытовом бассейне [1].

Поскольку для уменьшения объема работы принимаемое число варьируемых параметров, как правило, невелико, не всегда удается найти наилучший вариант. Качество спроектированного КК во многом определяется наличием близкого отработанного прототипа и квалификацией проектанта.

В целях повышения качества КК предлагается проводить проектирование КК на основе методов оптимизации с использованием метода конечных элементов (МКЭ), метода вихревых частиц (МВЧ) и декомпозицией задачи. Рассматривается КК, включающий в себя носовое и кормовое крыльевые устройства (КУ) с пересекающими свободную поверхность крыльями схемы «тандем», с неразрезным пустотелым или сплошным крылом, имеющим килеватость, стреловидность, переменный профиль по размаху.

Определение посадки и действующих нагрузок на КК. Анализ начинается с определения посадки на тихой воде путем серийного расчета конфигурации КК. Решение уравнений равновесия плоской системы сил выполняется на основе модифицированного алгоритма Пауэлла с конечно-разностной аппроксимацией Якобиана или при помощи простого перебора точек из базы данных. Осадка, коэффициенты увеличения нагрузки при движении на волнении по сравнению с тихой водой и значения боковой силы на циркуляции принимаются согласно требованиям Российского морского регистра судоходства или по результатам испытаний. Полагая, что зависимость гидродинамических коэффициентов от углов дифферента ψ и дрейфа β линейна, ψ и β выбираются таким образом, чтобы создаваемые гидродинамические силы были равны принятым величинам. Далее носовое и кормовое КУ рассчитываются раздельно на основе МВЧ. Вязкость жидкости рассчитывается по формулам Прандтля-Шлихтинга. Трехмерная модель КУ учитывает особенности гидродинамической компоновки. Для заданного заглубления определяются гидродинамические коэффициенты и распределение давлений по несущим поверхностям КУ для движения на тихой воде, на вершине волны и на циркуляции. Разработана процедура передачи нагрузки с трехмерной гидродинамической сетки на стержневую конечно-элементную модель. Безразмерные давления в контрольных точках на верхней и нижней сторонах профиля преобразуются к размерному виду. Интенсивность распределенной по размаху поперечной нагрузки и крутящего момента определяется численным интегрированием по хорде распределенного по площади давления на основе формулы Симпсона.

Параметризация задачи. КУ разбивается на трапециевидные участки, ограниченные по хорде передней и задней кромками, а по размаху — диаметральной плоскостью, изломами, стойками и концевыми кромками. Кромки КУ задаются узловыми точками, совпадающими с вершинами участков. Изменение профиля вдоль размаха каждого участка определяется концевыми сечениями, которые задаются с помощью относительных координат точек на верхней и нижней сторонах профиля.

Множество переменных проектирования $\{x\}$ включает в себя длину, углы килеватос-

ти и стреловидности передней кромки, установочный угол, хорды и относительные толщины профиля в концевых сечениях каждого участка несущей поверхности и стоек. Для полых участков, кроме того, вводятся дискретные переменные — толщины листов верхней и нижней наружной обшивки, включая утолщенные листы в начале и конце участка.

Векторный критерий эффективности $C(x)$ имеет вид

$$C(x) = \{m(x),\ R_x(x)\}\ ,$$

где масса КК $m(x) = m_н(x) + m_к(x)$; (1)

сопротивление КК $R_x(x) = R^н_x(x) + R^к_x(x)$; (2)

индексы *н* и *к* в (1) здесь и далее (как верхние, так и нижние) соответствуют носовому и кормовому КУ.

Функциональные ограничения для носового КУ:

• ограничения на сохранение заданного распределения нагрузки при ходе на крыльях на тихой воде

$$h^н_η(x) = η_н g(m_c + m_н(x) + m_к(x)) + \\ + (R^н_x(x) + R^к_x(x))\ \mathrm{tg}(φ + θ)]/R^н_y(x) - 1 = 0; \quad (3)$$

• ограничения на нормальные напряжения

$$g^н_{s,i,ψ}(x) = \max_{W_i}[σ_{i,ψ}(x)/σ_{доп,i}] - 1 \le 0, \quad (4)$$

$i = 1,..., N^н_{кэ}$; $ψ = 1,..., N_{LC}$;

• ограничения на общую устойчивость

$$g^н_{b,ψ}(x) = k_b/μ^н_ψ(x) - 1 \le 0;\ ψ = 1,..., N_{LC}; \quad (5)$$

• ограничения на собственную частоту первого тона с учетом присоединенных масс воды для случая движения на вершине волны

$$g^н_f(x) = k_f w_в/w^н_1(x) - 1 \le 0; \quad (6)$$

• ограничения по кавитации

$$g^н_{cav,i,ψ}(x) = -\min_{A_i}[\bar{p}_{i,ψ}(x)/χ] - 1 \le 0, \quad (4)$$

$i = 1,..., N^н_{уч}$; $ψ = 1,..., N_{LC}$,

где $\max_{W_i}σ_{i,ψ}(x)$ — максимальное нормальное напряжение в объеме W_i *i*-го и симметричного ему конечного элемента для ψ-го случая нагружения; $σ_{доп,i}$ — допускаемое нормальное напряжение материала участка крыла или стойки, которому принадлежит *i*-й элемент; k_b, k_f — коэффициенты запаса по устойчивости и собственным колебаниям; $μ^н_ψ(x)$ — параметр нагрузки, при котором появляется первая, отличная от исходной, форма равновесия при ψ-м случае нагружения; $w^н_1(x)$ — собственная частота первого тона; $w_в$ — частота волнения; χ — число кавитации; $\min_{A_i}\bar{p}_{i,ψ}(x)$ — минимальный коэффициент разрежения на поверхности A_i *i*-го и симметричного ему погруженных участков крыла или *i*-й стойки при ψ-м случае нагружения; m_c — масса судна без учета массы КК; $R^н_x(x)$, $R^н_y(x)$ — сопротивление и подъемная сила носового КУ на тихой воде; *g* — ускорение свободного падения; φ — угол дифферента; θ — угол между основной линией и упором движителей; $η_н$ — доля нагрузки на носовое КУ; $N^н_{кэ}$ — число конечных элементов для половины носового КУ; N_{LC} — число случаев нагружения; $N^н_{уч}$ — число участков, на которые делится половина носового КУ.

Ограничения по усталости узлов могут быть введены согласно методике, основанной на учете предела усталости в допускаемых напряжениях [2], что позволяет обеспечить равную долговечность основного материала и конструктивных элементов.

Кроме того, вводятся ограничения на переменные проектирования по технологии и геометрии (здесь не приведены).

Накладываются ограничения на дискретные

$$x^н_{d,i}(x) \in \{t\};\ i = 1,..., N_d$$

и непрерывные переменные проектирования

$$x^н_{iL} \le x^н_i \le x^н_{iU}\ ;\ i = N_d + 1,..., N\ ,$$

где $\{t\} = \{t_1,...,t_n,...t_{Q_t}\}$ — множество толщин стандартных листов; Q_t — число типоразмеров стандартных листов; N_d — число дискретных переменных проектирования; x_{iL} и x_{iU} — нижняя и верхняя границы изменения *i*-й непрерывной переменной проектирования x_i; *N* — число переменных проектирования. Аналогично записываются ограничения для кормового КУ.

Задача оптимального проектирования КК сводится к бикритериальной нелинейной условной задаче математического программирования со смешанными переменными проектирования.

Решение сформулированной задачи проектирования КК осуществляется с помощью двухуровневой итерационной процедуры: на верхнем уровне определяются заглубления носового $h_н(\bar{x})$ и кормового $h_к(\bar{x})$ КУ при текущих значениях переменных проектирования $\bar{x}$; на нижнем исходная задача разбивается по конструктивному признаку на задачи проектирования носового и кормового КУ. Множество переменных проектирования делится на два подмножества $\{x\} = \{\{x_н\},\ \{x_к\}\}$. Заглубления каждого КУ и масса КУ, не подлежащего проектированию в данной задаче, на нижнем уровне не меняются. На основе этой гипотезы строятся аппроксимации целевой функции (2) и функциональных ограничений (3)—(7). Целевые функции массы (1) и аппроксимированного сопротивления являются сепарабельными. Булева матрица зависимости функциональных ограничений от переменных проектирования после удаления «слабых» связей принимает диагональный вид. Это означает, что задачи проектирования носового и кормового КУ могут решаться независимо друг от друга с возвратом на верхний уровень после решения обеих или одной из задач нижнего уровня.

Для носового КУ задача нижнего уровня формулируется следующим образом:

$$C(x^*_н) = \min_{x_н \in \{D\}} C(x_н)\ ;$$
$$C(x_н) = \{m_н(x_н); R^н_x(x_н, h_н(\bar{x}))\};$$
$$\{D\} = \{x_н : \tilde{h}^н_η(x_н; h_н(\bar{x}_н)) = 0;$$
$$\tilde{g}^н_{s,i,η}(x_н, h_н(\bar{x})) \le 0;\ i = 1,..., N^н_{кэ}\ ;$$
$$\tilde{g}^н_{b,ψ}(x_н, h_н(\bar{x})) \le 0;$$
$$\tilde{g}^н_{cav,i,ψ}(x_н, h_н(\bar{x})) \le 0;\ i = 1,..., N^н_{уч}\ ;$$
$$ψ = 1,..., N_{LC};\ \tilde{g}^н_f(x_н, h_н(\bar{x})) \le 0; \quad (8)$$
$$x^н_i \in \{t\},\ i = 1,..., N_d\ ;$$
$$x^н_{iL} \le x^н_i \le x^н_{iU}\ ,\ i = N_d + 1,..., N\}\ .$$

На первой итерации решается непрерывная задача, эквивалентная задаче (8), в которой дискретные переменные трактуются как непрерывные. Нижняя x_{iL} и верхняя x_{iU} границы

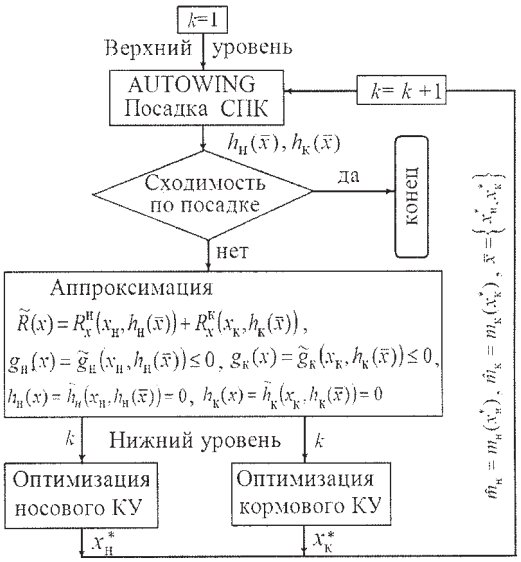


Рис. 1. **Итерационный процесс проектирования КК**

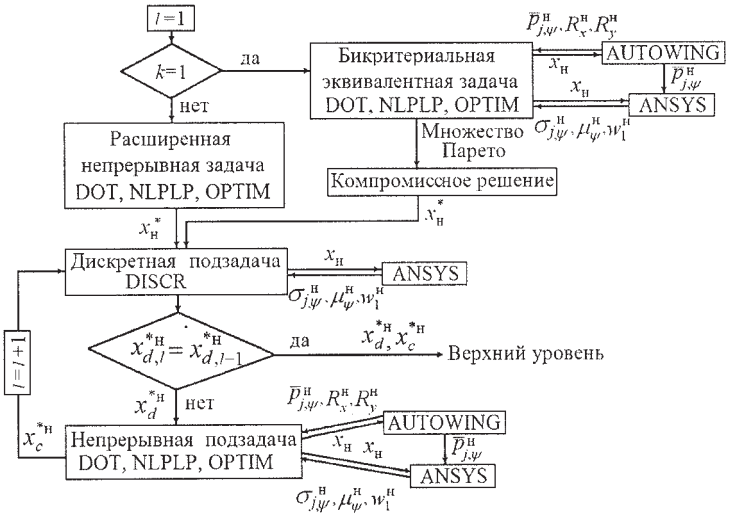


Рис. 2. **Проектирование носового КУ. Нижний уровень**

переменной x_i, $i = 1,..., N_d$ соответствуют первому t_1 и последнему t_{Q_t} элементам множества $\{t\}$. Решение бикритериальной задачи представляет собой множество Парето. Для построения очередной Парето точки используется предложенный одним из авторов метод [4]. Суть метода заключается в поиске Парето оптимальных точек на пересечении границы области векторных оценок и семейства параллельных прямых, проведенных через равномерно распределенные точки, лежащие в гиперплоскости, проходящей через субоптимальные точки в пространстве критериев эффективности. В качестве направления движения используется второе координатное направление: минимизируется сопротивление. Оптимальное решение предыдущей задачи берется в качестве начальной точки для следующей подзадачи, что позволяет снизить трудоемкость решения.

Из множества Парето выбирается компромиссное решение $x^*_н$ на основе полной информации о достижимых значениях критериев массы (1) и сопротивления (2). Поиск решения смешанной задачи (8) осуществляется вблизи выбранной компромиссной точки $x^*_н$. Значения массы и сопротивления в этой точке принимаются в качестве целей $\hat{m}_н = m_н(x^*_н)$, $R_x{}^н = R_x{}^н(x^*_н)$, которые необходимо достичь. Задача разбивается на дискретную и непрерывную подзадачи, решаемые последовательно. При решении дискретной подзадачи непрерывные переменные являются неуправляемыми параметрами, равными их текущим значениям $\bar{x}_c{}^н = x_c{}^{*н}$. Это означает, что гидродинамическая компоновка и сила сопротивления КУ не меняются. Для того, чтобы полученная точка лежала вблизи найденной компромиссной точки $x^*_н$, необходимо обеспечить минимальную разницу между массой КУ в дискретной подзадаче $m_н(x_d{}^н, \bar{x}_c{}^н)$ и найденным значением цели в компромиссной точке $\hat{m}_н$. Дискретная подзадача

$$C(x^{*н}_d) = \min_{x^н_d \in \{D\}} |\hat{m}(x^н_d, \bar{x}^н_c)| ;$$

$$\{D\} = \{x^н_d : \tilde{g}^н_{s,i,\psi}(x^н_d, \bar{x}^н_c, h_н(\bar{x})) \le 0;$$

$$j = 1,..., N^н_{кэ} ; \tilde{g}^н_{b,\psi}(x^н_d, \bar{x}^н_c, h_н(\bar{x})) \le 0;$$

$$\psi = 1,..., N_{LC}; \tilde{g}^н_f(x^н_d, \bar{x}^н_c, h_н(\bar{x})) \le 0; \quad (9)$$

$$x^н_{d,i} \in \{t\}; i = 1,..., N_d\}$$

решается с помощью эвристического метода [5].

Найденные оптимальные значения дискретных переменных проектирования принимаются за текущие в непрерывной подзадаче и фиксируются ($\bar{x}_d{}^н, x_c{}^{*н}$). Непрерывная подзадача соответствует движению вдоль координатного направления сопротивления внутри заданной подобласти

$$g_m(\bar{x}^н_d, x^н_c) = \frac{|\hat{m}_н - m_н(\bar{x}^н_d, x^н_c)|}{\hat{m}_н} - \delta_m \le 0,$$

где δ_m — заданная малая величина, определяющая полутолщину слоя, внутри которого происходит движение.

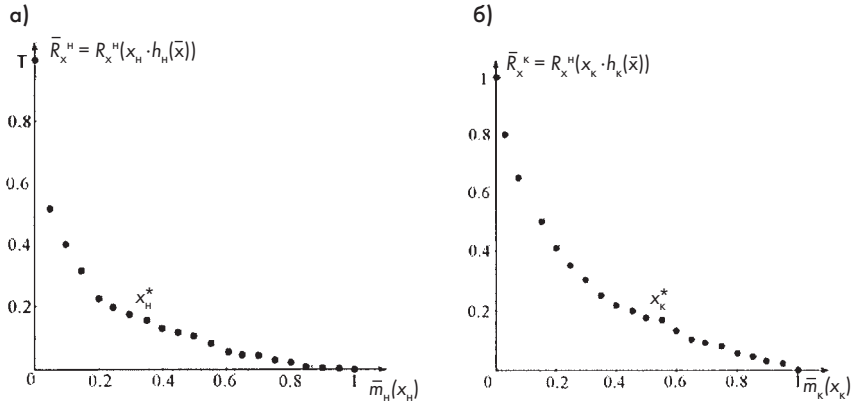


Рис. 3. **Множество Парето эквивалентной непрерывной задачи для носового (*а*) и кормового КУ (*б*). Нормализованные критерии**

Непрерывная подзадача

$$C(x_c^{*н}) = \min_{x_c^н \in \{D\}} R_x^н(\bar{x}_d^н, x_c^н, h_н(\bar{x}));$$

$$\{D\} = \{x_c^н : \tilde{h}_\eta^н(\bar{x}_d^н, x_c^н, h_н(\bar{x})) = 0;$$

$$\tilde{g}_{s,j,\psi}^н(\bar{x}_d^н, x_c^н, h_н(\bar{x})) \le 0;\ j = 1,..., N_{кэ}^н;$$

$$\tilde{g}_{b,\psi}^н(\bar{x}_d^н, x_c^н, h_н(\bar{x})) \le 0; \qquad (10)$$

$$\tilde{g}_{cav,j,\psi}^н(\bar{x}_d^н, x_c^н, h_н(\bar{x}) \le 0;$$

$$j = 1,..., N_{уч}^н;\ \ \psi = 1,..., N_{LC};$$

$$\tilde{g}_f^н(\bar{x}_d^н, x_c^н, h_н(\bar{x})) \le 0;\ g_m(\bar{x}_d^н, x_c^н) \le 0;$$

$$x_{iL}^н \le x_i^н \le x_{iU}^н;\ i = N_d + 1,..., N\}$$

решается с помощью предложенного метода поэтапной параметрической оптимизации. Можно использовать также методы последовательной линеаризации, последовательной квадратичной оптимизации, реализованных в специализированных пакетах DOT, NLPLP [6—8].

Решение дискретной (9) и непрерывной (10) подзадач продолжается до выполнения критерия останова — совпадения решений дискретной подзадачи (9) для двух последовательных итераций нижнего уровня.

После достижения сходимости на нижнем уровне выполняется переход на верхний уровень. Пересчитывается посадка судна при текущих значениях переменных проектирования $\bar{x} = \{x_d^{*н}, x_c^{*н}, x_d^{*к}, x_c^{*к}\}$, строятся новые аппроксимации целевой функции (2) и функциональных ограничений (3)—(7) и обновляются цели $\hat{m}_н = m_н(x_н^*)$, $\hat{m}_к = m_к(x_к^*)$. Затем повторяется итерационная процедура нижнего уровня — решение дискретной (9) и непрерывной (10) подзадач для носового и кормового КУ. В качестве первого приближения задачи нижнего уровня берется решение расширенной задачи с N переменными проектирования, эквивалентной задаче (10), в которой дискретные переменные $x_d^н$ рассматриваются как непрерывные.

Решение задач верхнего и нижнего уровней продолжается до достижения сходимости — стабилизации посадки. Процедура решения показана в виде блок-схем на рис. 1, 2.

Если необходимо построить множество Парето точек в качестве решения задачи (8), то описанная выше процедура решения выполняется для каждой Парето точки бикритериальной эквивалентной непрерывной задачи.

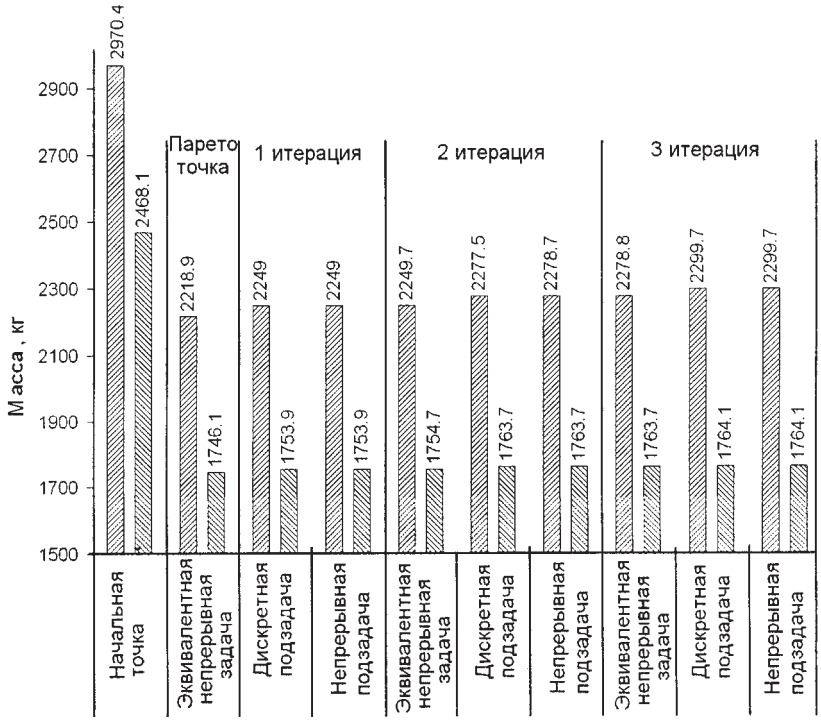


Рис. 4. **История оптимизационного процесса — масса (▨ — носовое КУ, ▧ — кормовое КУ)**

Расчет напряженно-деформированного состояния, устойчивости и колебаний выполняется с помощью МКЭ. КУ моделируется пространственной рамой, жестко закрепленной на корпусе судна. Применяется стержневой конечный элемент Beam44 с шестью степенями свободы в узле и переменным по длине поперечным сечением. Геометрические характеристики поперечных сечений вычисляются с помощью численного интегрирования. При частотном анализе учитывается присоединенная масса воды.

Пример расчета. В качестве примера представлены результаты проектирования КК СПК типа «Комета». В целях упрощения задачи координаты вершин передней кромки приняты равными координатам вершин исходного проекта и часть переменных переведена в неуправляемые параметры. Вектор переменных проектирования включает в себя 65 переменных, описывающих носовое КУ, и 55 переменных, определяющих геометрию кормового КУ. Расчет КК производился с помощью программных комплексов AUTOWING и ANSYS, интегрированных в единую среду.

Результаты расчета посадки, гидродинамического и прочностного анализа в начальной точке представлены в [3]. Начальная точка является недопустимой, поэтому проектантом при постройке велся отбор материала по механическим характеристикам с обеспечением допускаемого напряжения 194 МПа.

Субоптимальные решения эквивалентной непрерывной однокритериальной задачи для критериев масса и сопротивление $m_н(x_2^{*н}) = 2646{,}24$ кг; $m_н^* = 2086{,}68$ кг; $R_x^н(x_1^{*н}) = 24989{,}79$ Н; $R_x^{*н} = 22171{,}06$ Н — для носового КУ; $m_к(x_2^{*к}) = 2196{,}2$ кг; $m_к^* = 1552{,}98$ кг; $R_x^к(x_1^{*к}) = 25387{,}63$ Н; $R_x^{*к} = 21845{,}70$ Н — для кормового КУ. Множество Парето точек эквивалентной непрерывной задачи построено на рис. 3, *а*, *б* для носового и кормового КУ в нормализованном пространстве критериев эффективности. В качестве компромиссного решения взята точка x^*, расстояние от которой до идеальной точки в выбранной метрике минимально. Решение задачи проектирования КК для выбранной Парето точки x^* сошлось за три итерации. История оптимизационного процесса показана на рис. 4 и 5. Выигрыш по массе составил 22,6% и 28,5%, по сопротивлению 6,47%

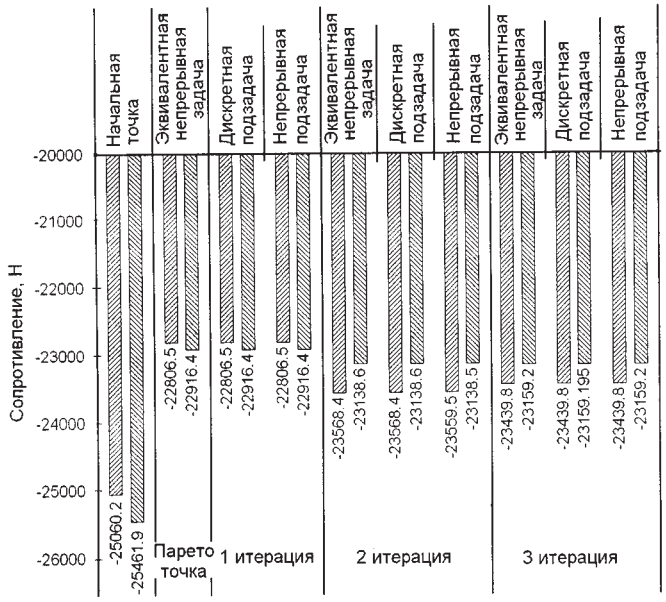


Рис. 5. **История оптимизационного процесса — сопротивление (— носовое КУ, — кормовое КУ)**

и 9,04% для носового и кормового КУ соответственно по сравнению с начальной точкой. Для оптимальных КУ была проведена проверка предельной и местной прочности. Запас по предельной прочности для наиболее опасного случая (движение на вершине волны) вырос на 20% для носового и на 14% для кормового КУ. Местная прочность и устойчивость обоих КУ для всех расчетных случаев нагружения удовлетворяет требованиям классификационных обществ.

Заключение. Предложенные схема и алгоритмы проектирования КК с произвольной геометрией на основе методов оптимизации и декомпозиции задачи с использованием МКЭ и МВЧ позволяют существенно расширить число варьируемых параметров, построить компромиссную область при рассмотрении двух и более критериев и повысить эффективность проектирования.

Литература

1. *Колызаев, Б. А., Косоруков А. И., Литвиненко В. А.* Справочник по проектированию судов с динамическими принципами поддержания. Л.: Судостроение, 1980.
2. *Jivotovski G. A., Perelman B. S.* Optimum design of hydrofoil complying with strength, hydrodynamic and fatigue constraints//Proceedings of the International Conference and Exhibition NEVA-99, St. Petersburg, 1999.
3. *Животовский Г. А., Родионов А. А.* Комплексный расчет прочности крыльевых устройств судов на подводных крыльях//Судостроение. 2004. № 1.
4. *Животовский Г. А.* Построение Парето точек при многокритериальной оптимизации конструкций//Проблемы прочности и пластичности. Вып. 64. Н. Новгород: ННГУ, 2002.
5. *Животовский Г. А.* Метод решения задачи дискретной оптимизации на основе линейной аппроксимации//Прикладные проблемы прочности и пластичности. Вып. 63. Н. Новгород: ННГУ, 2001.
6. *Родионов А. А.* Математические методы проектирования оптимальных конструкций судового корпуса. Л.: Судостроение, 1990.
7. *Schittkowski K.* NLPQL; A Fortran subroutine solving constrained nonlinear programming problems//Annals of Operations Research. 1985. Vol. 5.
8. VMA Engineering 1993: DOT. User's manual.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ СУДОВЫХ КОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ СО ЛЬДОМ

А. П. Матлах, канд. техн. наук, генеральный директор
ООО НПО «Полярная звезда»

УДК 629.5.02:624.042.43

Проблема обеспечения прочности корпусов судов, эксплуатирующихся в ледовых условиях, много лет находится в центре внимания специалистов. В настоящее время очевидна необходимость совершенствования сложившейся практики нормирования, оценки прочности и проектирования конструкций ледовых усилений и пересмотра ряда концептуальных положений существующей методики обеспечения ледовой прочности корпусов судов.

Применяемые сегодня меры для защиты корпуса судна от взаимодействия со льдом связаны с существенным увеличением металлоемкости, что является весьма негативным фактором, так как вместо полезного груза судно «перевозит» дополнительный металл. Неоднократно менялись и совершенствовались требования правил Российского морского регистра судоходства (РС) к судам ледового плавания. С 1956 г. правила менялись пять раз, причем существенно. При этом для отдельных категорий судов нормы то ужесточались, то ослаблялись. Отмечается также тенденция нормирующих органов к повышению требований к объемам подкреплений, что ведет к еще большему увеличению металлоемкости.

В то же время опыт эксплуатации показывает, что увеличение ледовых подкреплений на судах не гарантирует отсутствия повреждений корпуса и, напротив, стимулирует экипаж к плаванию в более опасных ситуациях. Следует признать, что методы и традиционные подходы к защите корпусных конструкций от ледовых воздействий не обеспечивают требуемого уровня эксплуатационной надежности корпусов судов, плавающих во льдах.

В данной статье приводятся результаты исследования поведения и откликов корпусных конструкций судов при плавании во льдах, учитывающих реальные условия взаимодействия корпуса со льдом, рассматриваются вопросы, связанные с целесообразностью использования для целей проектирования корпусных конструкций данных о реальных ледовых нагрузках, полученных в результате использования систем контроля, устанавливаемых на судах. Исследуется поведение конструкций ледового пояса с учетом глубоких пластических деформаций и накопления повреждений, а также работо-

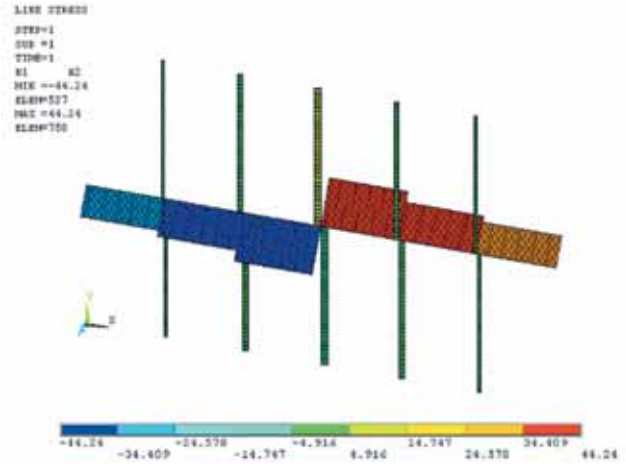


Рис. 1. **Эпюра перерезывающих сил балочной модели перекрытия**

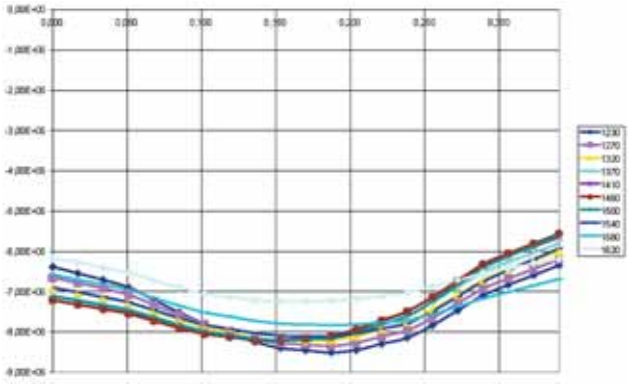


Рис. 2. **Распределение касательных напряжений по высоте стенки ребра жесткости для различных поперечных сечений**

способности конструкций в условиях достижения этих деформаций.

Одним из направлений исследований является метод прогнозирования эксплуатационных нагрузок на конструкции ледового пояса с помощью аппарата теории вероятностей и случайных процессов. Вероятностные характеристики нагрузок определяются с помощью имитационно-стохастического моделирования взаимодействия конструкции с внешней средой, статистической обработки параметров повреждений конструкций, расчетного восстановления нагрузок, вызвавших такие повреждения, и натурных измерений параметров нагружения посредством анализа реакций конструкции на внешнее воздействие. Для этих целей основными компонентами имитационно-стохастической модели может явиться стохастическая модель внешней среды и детерминированная модель взаимодействия элементов внешней среды с конструкцией. Детерминированная модель может строиться на базе различных сценариев взаимодействия: ледового сжатия и удара судна о лед. Восстановление нагрузки по параметрам повреждений возможно с использованием аналитических зависимостей, полученных согласно теории упругопластического деформирования, или экспериментально на специальных моделях конструктивных элементов в натуральную величину.

В настоящее время для прогнозирования локальных ледовых нагрузок в отечественной и зарубежной практике используется несколько моделей. Среди зарубежных исследователей наиболее популярна зависимость ледового давления от площади пятна контакта, полученная статистической обработкой различного рода экспериментальных измерений. В отечественной и зарубежной практике для расчета ледовых нагрузок при динамическом взаимодействии широко используется гидродинамическая модель. Законы распределения параметров ледовой нагрузки являются окончательным результатом процедуры имитационно-стохастического моделирования. В то же время использование систем контроля прочности для получения данных о ледовой нагрузке становится все более перспективным.

Использование систем контроля прочности особенно важно для создания судов новых типов и расширения сфер и районов их использования. Опыт показал, что достигаемые с их помощью преимущества позволяют быстро окупить сравнительно высокую стоимость систем и привести к существенным выгодам, возрастающим с увеличением возраста судов. Такая система в составе строящегося судна существенно повышает оценку судна, как соответствующего современным требованиям к техническому уровню, улучшает эффективность эксплуатации и квалифицированность управления, благоприятно влияет на безопасность и надежность эксплуатации и снижение расходов на ремонт. Поэтому исследования проводились применительно к использованию системы контроля прочности. Расчеты напряженно-деформированного состояния балочной и пластинчато-стержневой идеализаций бортового перекрытия позволили выявить условия восприятия нагрузки связями перекрытия, соответствие требованиям для определения зависимости между приложенными к перекрытию нагрузками и замеренными деформациями.

На основании анализа значений перерезывающих сил в узлах конструкции перекрытия разработан метод определения значений нагрузки, приложенной на перекрытия, включая нагрузку в пролете связи и в узле по значениям усилий, вычисленных в узлах перекрытия. Пример результата вычислений параметров напряженно-деформированного состояния для одного из вариантов нагружения приведен на рис. 1.

Очевидно, что перерезывающие силы в концевых сечениях балочных элементов конструкции уравновешивают систему усилий, передающихся через рассматриваемое сечение, и поэтому с их помощью однозначно определяется значение внешней поперечной нагрузки на балочный элемент. По соотношению значений перерезывающей силы в концевых сечениях балочного элемента можно определить положение равнодействующей внешней нагрузки. Все сказанное относится и к перекрытию, т. е. вычисляя значения перерезывающей силы в соответствующих сечениях, можно определить значение нагрузки и положение равнодействующей.

Поскольку перекрытие моделировалось пластинчатыми элементами, значения перерезывающей силы рассчитывали путем интегрирования по площади поперечного сечения касательных напряжений. При этом были введены допущения относительно величины присоединенного пояска пластины. Так как регистрация касательных напряжений возможна лишь в ограниченном числе точек попереч-

ного сечения, необходимо было выбрать параметр, пропорциональный перерезывающей силе в сечении, максимальные касательные напряжения или максимальные деформации сдвига по поперечному сечению связи. Полученные данные позволили выбрать координаты установки каждого из принятого количества датчиков в точках, соответствующих наибольшим значениям касательных напряжений (рис. 2).

Проводилось исследование и более сложной, состоящей из нескольких связей конструкции — бортового перекрытия ледового танкера. Был определен центральный район перекрытия, ограниченный вертикальными рамными шпангоутами. В пролете каждого ребра жесткости назначались три сечения для определения касательных деформаций. Полная нагрузка на перекрытие аппроксимировалась с помощью комбинаций пятен поперечной нагрузки фиксированной конфигурации. Таких пятен, регистрируемых с помощью датчиков касательных деформаций, для рассматриваемого перекрытия будет 12 (рис. 3).

Нагрузку, действующую на перекрытие, можно представить в виде вектора значений каждого из пятен нагрузки фиксированной формы:

$$\{F\} = [A] \cdot \{\chi\},$$

где

$$\{F\} = \begin{Bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ \dots \\ F_{12} \end{Bmatrix}$$ — вектор значений пятна нагрузки;

$$\{\chi\} = \begin{Bmatrix} \chi_1 \\ \chi_2 \\ \dots \\ \chi_{12} \end{Bmatrix}$$ — вектор разностей замеренных деформаций для всех 12 пятен нагрузки;

$$[A] = \begin{bmatrix} \alpha_{1,1} & \alpha_{1,2}, & \dots, & \alpha_{1,12} \\ \alpha_{2,1} & \alpha_{2,2}, & \dots, & \alpha_{2,12} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \alpha_{12,1} & \alpha_{12,2}, & \dots, & \alpha_{12,12} \end{bmatrix}$$

— матрица коэффициентов влияния разности сдвиговых деформаций на величину пятна нагрузки фиксированного значения.

На рис. 4 и 5 показаны особенности напряженно-деформированного состояния конструкции бортового перекрытия при заданной поперечной нагрузке на пятна номер *7* и *8*.

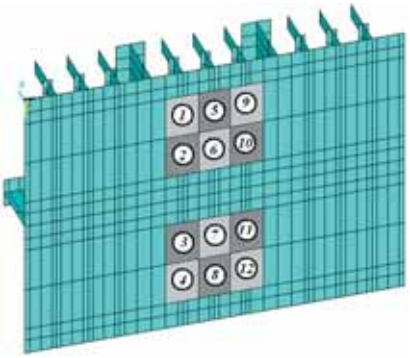
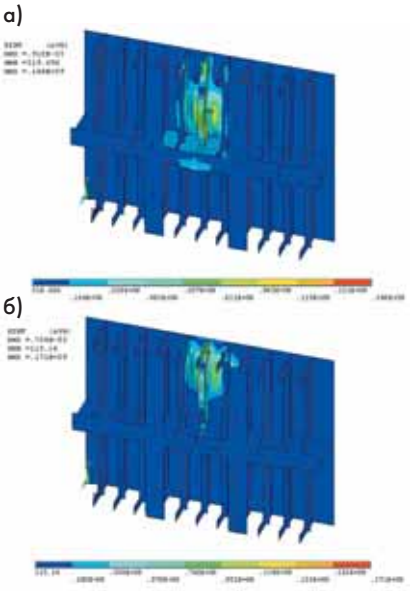


Рис. 3. **Схема принятой нумерации определенных пятен нагрузки**

Поля напряжений, представленные на рис. *5*, *а*, *б*, подтверждают, что наиболее информативными параметрами напряженно-деформированного состояния, вызванного пятном поперечной нагрузки, являются касательные напряжения τ_{yz} в стенках балок. Определив матрицу коэффициентов влияния разности сдвиговых деформаций для перекрытия, используем предложенную схему для определения нагрузки, действующей на перекрытие. Пусть поперечное давление, приложенное в районе пятен 1, 2, 5, 6, 9 и 10, изменяется по линейному закону вдоль координатной оси OX (от нуля при x = 1,8 м до 200 000 Па при x = 3,0 м) и постоянно вдоль оси OY (от y = 0,3 м до y = 1,5 м). Суммарная нагрузка на перекрытие при размере пятна (1,2 x 1,2) м составит (1,2 x 1,2) 200 000/2 = 144 000 Н. Вычислив разности сдвиговых деформаций в контрольных сечениях для рассматриваемой нагрузки и умножив их на матрицу коэффициентов влияния, получим вектор значений нагрузок на каждом из 12 пятен.

а)

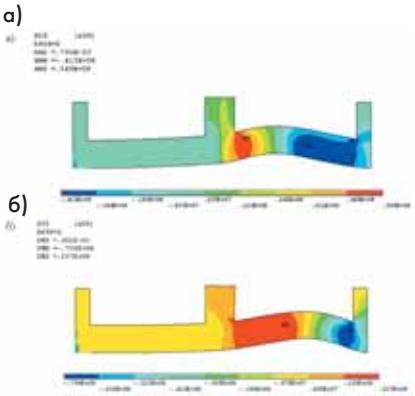


б)

Рис. 4. **Интенсивность напряжений бортового перекрытия при нагрузке, приложенной в пятнах *7* (*а*) и 8 (*б*)**

Предлагаемый способ регистрации ледовой нагрузки на бортовое перекрытие позволяет определить с точностью до размера пятна значение нагрузки на пластину наружной обшивки; по величине нагрузки в пятне — степень деформирования наружной обшивки и значение возможных пластических деформаций. Сопоставление зарегистрированных и расчетных значений нагрузки показало, что погрешность в определении нагрузки на пятно не превышает 12%, а полного значения нагрузки — не более 5%, что представляется вполне удовлетворительным для целей проводимого исследования.

а)



б)

Рис. 5. **Поля касательных напряжений τ_{yz} в наиболее нагруженном ребре жесткости бортового перекрытия при нагрузке, приложенной в пятнах *7* (*а*) и 8 (*б*)**

Анализ поведения конструкции в условиях упругопластических деформаций проводился с помощью разработанного математического аппарата. В качестве примера был рассмотрен участок бортового перекрытия танкера, расположенный в районе ледового пояса, подверженный действию перемещающегося пятна ледовой нагрузки, вызывающей упругие и пластические деформации. Цель численного моделирования — оценка чувствительности конечного результата к расположению пятна нагрузки по площади перекрытия, граничным условиям на кромках перекрытия, форме эпюры распределения ледового давления по площади контактной зоны.

На рис. 6 представлен результат одного из таких расчетов. Полученные значения пластических де-

формаций позволяют оценивать реальный характер работы перекрытия. Существенная локализация отдельных повреждений и развитие глубоких пластических деформаций вызывают необходимость построения решений в геометрически нелинейной постановке, описания факторов взаимодействия деформируемой конструкции с окружающими ее неповрежденными участками перекрытия. При этом различие жесткости пластин наружной обшивки и примыкающего к ней набора приводит в ряде случаев к необходимости отказа от традиционно используемой в задачах о глубоком пластическом деформировании гипотезы о жесткопластическом материале в пользу учета упругих свойств отдельных элементов конструкции. Были выполнены исследования поведения конструкций судового борта в условиях нелинейного деформирования — в пластической области, при учете больших деформаций судовых конструкций, пластичности и ползучести, которая связана с релаксацией полей остаточных напряжений, возникающих после ледового воздействия, вызывающего пластические деформации. В качестве модели пластического деформирования применена модель классического мультилинейного кинематического упрочнения. В ней используется критерий текучести Мизеса. Сохранение процесса на реальной кривой «усилие — смещение» в соответствии с нелинейной жесткостью обеспечивалось итерационным методом Ньютона-Рафсона. Прогнозирование поведения конструкции за пределами упругости велось на основе аппарата теории пластичности.

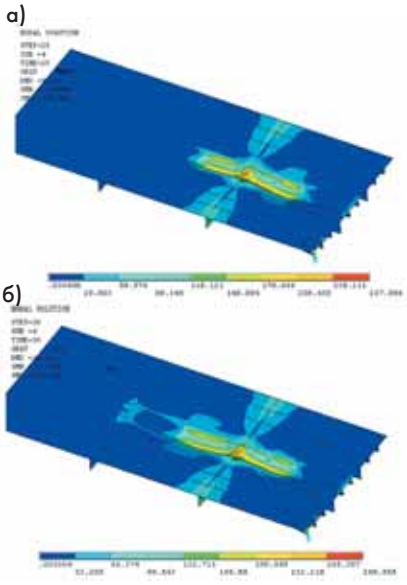


Рис. 6. **Изменения напряженно-деформированного состояния бортового перекрытия по мере перемещения пятна ледовой нагрузки:**
а — шаг нагружения 25; *б* — шаг нагружения 30

В то же время развитие методов проектирования конструкций судов ледового плавания и их практическое применение ставит перед исследователями новые задачи. Для повышения эффективности процесса проектирования требуется совершенствовать расчетные модели, применять современные математические методы, создавать гибкие средства обработки входной информации о конструкции и средства анализа результатов проектирования.

Качество спроектированной конструкции определяется не только совершенством расчетных схем и методов оптимизации. Оно зависит и от тех заданных нормативных запасов прочности и надежности, которые формируют ограничения при проектировании. Поэтому важным направлением исследований должна стать правильная количественная оценка необходимых запасов прочности, требований эксплуатационной надежности корпусных конструкций с учетом экономических критериев.

Литература

Интеллектуальные системы в морских исследованиях и технологиях/В. Л. Александров, А. П. Матлах, Ю. И. Нечаев, В. И. Поляков, Д. М. Ростовцев. СПб.: СПбГМТУ, 2001.
Апполонов Е. М. Проектирование конструкций ледовых усилений по критерию предельной прочности//Судостроение. 1992. № 2.
Беленький Л. М. Расчет судовых конструкций в пластической стадии. Л.: Судостроение, 1983.
Курдюмов В. А. О нагрузках при сжатии судов во льдах//Проблемы проектирования корпусных конструкций. Л.: ЛКИ, 1987.
Матлах А. П., Родионов А. А. Повышение эффективности и конкурентоспособности вновь создаваемых судов при проектировании их корпусных конструкций//Морской вестник. 2004. № 1(9).
Матлах А. П. Анализ поведения конструкций судов ледового плавания в условиях упругопластических деформаций//Морской вестник. 2005. № 1(13).
Правила классификации и постройки морских судов РМРС. Ч. II. СПб., 2003.
Родионов А. А. Математические методы проектирования оптимальных конструкций судового корпуса. Л.: Судостроение, 1990.
Timofeev O., Klenov A., Krupina N. The Measurement of Ice Loads onboard Icebreaker «Kapitan Dranitzin»: the Method of the Primitive Data Processing and Results Description//Proc. of intern., conf. ICETECH 2000, September 2000, St. Petersburg.

ФОРМАЛЬНАЯ ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАСЧЕТЕ ОСТОЙЧИВОСТИ СУДОВ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ОПАСНЫХ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ОПРОКИДЫВАНИЯ

В. В. Ярисов, канд. техн. наук, председатель Калининградского отделения Российского НТО судостроителей им. академика А. Н. Крылова (Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота)

УДК 629.553

Несмотря на огромный технический прогресс в мировом судостроении и эксплуатации флота, вопросы обеспечения безопасности мореплавания не перестают терять своей остроты и актуальности. Свидетельством тому являются: многочисленная аварийная статистика, в том числе собранная и проанализированная автором [1—4]; принятая 18-й Ассамблеей IMO Резолюция А. 471 (18) от 4.11.1993 г. «Международный кодекс по управлению безопасной эксплуатацией судов и предотвращением загрязнения окружающей среды» — широкомасштабная программа согласованных действий, направленных, прежде всего, на выявление всех опасных ситуаций в процессе эксплуатации судов, оценку степени риска гибели судна и груза во всех выявленных опасных ситуациях, определение возможности управления риском, а также стоимости мероприятий по уменьшению риска и охране окружающей среды. Перечисленные этапы в совокупности составляют формальную оценку безопасности судна — FSA — Formal Safety Assessment [5—8].

При таком подходе общие меры надежности могут быть исполь-

зованы как критерии безопасности судна. Одна из мер, наиболее известная в математической теории надежности, — это «функция надежности», или «вероятность выживания», представляющая собой вероятность безотказной работы технической системы в заданных условиях в течение заданного времени. Для безопасности мореплавания под отказом можно понимать опрокидывание судна, под условиями работы — так называемые расчетные ситуации, опасные с точки зрения опрокидывания судна, и состояние нагрузки судна.

Преимущества вероятностных методов оценки остойчивости перед физическими, судя по работам IMO [5—8], уже получили признание. Физические методы основаны на прямом сопоставлении кренящих и восстанавливающих сил в различных расчетных ситуациях.

Обычно понятие расчетной ситуации связано с определением условий, в которых рассматривается гидромеханическая задача о крене и опрокидывании судна. Эти условия, как правило, оговаривают наличие тех или иных кренящих факторов (ветер, волнение, кренящие силы, связанные с выполнением определенных функций), а также начальное положение судна по отношению к кренящим силам, наличие скорости хода и свободы маневра, позволяющих судоводителю вывести судно в менее угрожающую ситуацию.

Количественные характеристики расчетных ситуаций более многочисленны и произвольны. Обычно они назначаются достаточно опасными по мнению составителей норм, хотя почти никогда не утверждается, что предписываемые характеристики являются наиболее опасными. Указания на вероятность реализации тех или иных числовых характеристик или сочетаний в данной расчетной ситуации, как правило, отсутствуют.

Нагрузка судна в формулировках расчетных ситуаций не оговаривается, так как его остойчивость в каждой расчетной ситуации должна проверяться при различных состояниях его нагрузки. Каждой расчетной ситуации в соответствии с ее физическим смыслом может соответствовать свой критерий остойчивости и свой метод его расчета [4, 9—12].

Степень совершенства тех или иных физических норм в значительной мере зависит от полноты перечня рассматриваемых ситуаций, уровня знаний внешних кренящих сил в этих ситуациях и степени схематизации гидроаэромеханических задач о крене и опрокидывании судна.

Нельзя сказать, что применяемые в разных странах нормы остойчивости, включающие элементы детерминированного физического подхода, уже достигли предела своего совершенства и не могут быть дальше улучшены. Ряд опасных для остойчивости судна ситуаций до сих пор не нашли отражения ни в каких нормах (ситуация типа резкой потери курсовой устойчивости при ходе судна на попутном волнении с последующим его разворотом лагом к волне; заливание палубного колодца; судно на мелководном разрушающем волнении). Современные знания о характеристиках ветра и волнения все еще не полны. Типично нелинейная задача об опрокидывании судна не решена без довольно грубых схематизаций даже в самых простых расчетных ситуациях.

Однако прогресс в совершенствовании физического подхода к нормированию остойчивости неоспорим. За последние годы были названы указанные выше новые опасные ситуации и достигнут известный успех в анализе остойчивости судов в этих ситуациях. В расчетах «классической ситуации» — судно без хода, расположенное лагом к ветру и волнению, — учитывается нерегулярность качки судна, появляются попытки суждения об остойчивости судна с позиций принципов устойчивости движения, теории надежности и чувствительности сложных динамических систем [13—16]. Внесен весомый вклад в оценку остойчивости судна на попутном волнении [12, 17].

Всем без исключения существующим физическим методам нормирования остойчивости по расчетным ситуациям присущ один общий недостаток — при выборе численного значения критериев остойчивости они не учитывают фактора времени, в течение которого судно находится в тех или иных расчетных условиях, т. е. остается неучтенной вероятность реализации различных комбинаций внешних условий и нагрузки судна.

Известно, что все нормы остойчивости предписывают проверку критериев в определенных нормами случаях нагрузки. Сверх этого органы технического надзора вправе потребовать проверки остойчивости и в других случаях нагрузки судна, если предполагается, что при этом остойчивость судна окажется хуже, чем в «стандартных» случаях. И если хотя бы в одном случае нагрузки остойчивость не удовлетворяет хотя бы одному из установленных нормами критериев, судно признается непригодным для эксплуатации, пока не будут приняты меры для улучшения остойчивости. Обычно такими мерами являются различные виды балластировки, снижающие экономичность и ограничивающие эксплуатацию судна.

Между тем далеко не все равно, часто ли реализуется это «критическое» состояние нагрузки судна или оно возникает эпизодически и почти никогда не совмещается во времени с той расчетной ситуацией, ради которой введен критерий, послуживший основой для претензий к остойчивости.

Наконец, существенным недостатком нормирования остойчивости по отдельным ситуациям является множественность нормативов, вытекающая из существования многих независимых критериев остойчивости, каждый из которых отвечает определенной расчетной ситуации. При этом в связи с неизбежной условностью границы между хорошей и плохой остойчивостью появляется опасность сравнительной переоценки или недооценки того или иного критерия.

Таким образом, несвязанность между собой различных критериев и наличие произвола в назначении числовых характеристик различных ситуаций приводит к тому, что одни ситуации без достаточных оснований могут приобрести чрезмерное значение, а другие — вообще выпасть из учета при нормировании. Так возникает необходимость уравнять по вероятности реализаций различные расчетные ситуации и численные значения соответствующих им критериев в существующей «физической» системе нормирования остойчивости.

Отмеченные недостатки существующей системы закономерно породили интерес к использованию вероятностного подхода к нормированию остойчивости неповрежденных судов. Разделяя взгляды большинства авторов [14—16, 18] и пытаясь вне-

сти определенный вклад в решение этой проблемы, хочется подчеркнуть, что выдвижение на первый план гидромеханической стороны проблемы вряд ли оправдано, если идет речь о переводе оценки безопасности мореплавания на вероятностную основу. Получение точных решений гидромеханических задач о крене и опрокидывании судна в равной степени необходимо как для детерминированного, так и для вероятностного подхода к оценке мореходных качеств. Но даже вполне точные гидромеханические решения этих задач в детерминированных условиях не создают нужной формы (аппарата) для учета непрерывной и случайной изменчивости всех факторов, определяющих остойчивость.

В то же время самая совершенная вероятностная форма не будет практически пригодной, если она наполнена содержанием, основанным на неверных физических предпосылках. Поэтому гидромеханическое содержание задачи и вероятностная форма представления ее решения не должны противопоставляться друг другу — это две равноправные стороны исследований.

Анализ проблемы показывает, что вероятностная оценка остойчивости и гидромеханика неразрывно связаны лишь в самой исходной точке — в определении явления потери остойчивости, т. е. опрокидывания. Если определены опрокидывание и условия его наступления, то дальнейший анализ сводится к расчету вероятности реализации этих условий с помощью специфических методов теории вероятностей.

Общее определение опрокидывания не вызывает принципиальных трудностей: потеря устойчивости одного из шести возможных видов движения судна, а именно — крена, т. е. вращения вокруг продольной оси под действием приложенных к судну внешних сил.

Как ни сложны проблемы устойчивости движения, общий путь их анализа известен [15, 16], если свойства судна и среда, в которой оно движется, а также внешние силы и их изменения в зависимости от времени и от элементов всех видов движения судна известны.

Понятие расчетной ситуации важно и для детерминированной, и для вероятностной оценки остойчивости судов. В отличие от первой трактовки, в которой нормирование остойчивости может ограничиться рассмотрением поведения судна только «в наихудших» (предположительно наиболее опасных) ситуациях, вероятностная оценка требует последовательного перебора всех расчетных ситуаций с учетом вероятности их реализации. Действительно, для неповрежденного судна, распределение и целостность грузов которого не изменяются в условиях штормования, изменение остойчивости происходит непрерывно. Это обусловлено воздействием на судно стационарных и нестационарных кренящих моментов, а также периодическим изменением восстанавливающего момента. Вышеперечисленные факторы, в свою очередь, зависят от условий штормования судна (балльности волнения и ветра, состояния нагрузки судна, его скорости, угла курса судна по отношению к направлению ветра и волнения) и сочетаются произвольным образом. Определенная комбинация этих факторов при конкретных условиях может рассматриваться как опасная, если при этом возникают опасные накренения и опрокидывание. Таких опасных ситуаций может быть множество.

Определение этого множества и соответственно разработка требований к остойчивости в каждой конкретной опасной ситуации является важным этапом при разработке эксплуатационных ограничений и оценке степени риска гибели судов различных типов.

Анализ гибели судов в разных условиях плавания и проведенные обширные модельные испытания позволяют при движении судов выделить, как минимум, восемь расчетных ситуаций, опасных с точки зрения опрокидывания [4, 12, 17—20]:

• лагом к волнению — при воздействии на судно ветрового шквала; в результате заливания палубы забортной водой; из-за ударного воздействия разрушающегося гребня волны;

• на попутном волнении — при развивающихся параметрических колебаниях; чистой потере остойчивости; брочинге; воздействии ветрового шквала на судно в моменты времени, когда его остойчивость уменьшается; заливании палубного колодца.

В свою очередь, каждая из перечисленных ситуаций может осложняться из-за смещения навалочного груза в трюме, влияния орудий лова, нарушения водонепроницаемости корпуса.

Перечисленными опасными ситуациями не исчерпывается круг задач, связанных с обеспечением безопасности мореплавания. Однако оценка степени риска в некоторых приведенных ситуациях является необходимым условием для оценки безопасности, а также при решении прямой и обратной задач проектирования и анализе фактических аварий.

Можно также использовать и другую функцию, которая однозначно связана с вероятностью выживания. В статистике она называется уровнем аварийности. Этот уровень (или индекс аварийности) есть среднее значение дроби, числитель которой равен числу судов какого-то определенного типа, опрокинувшихся за год, а знаменатель равен общему числу судов, находящихся в эксплуатации в том же году.

Степень риска известна в теории надежности как временная плотность вероятности отказов. Она равна вероятности опрокидывания за единицу времени, примыкающего к моменту времени, характеризуемому существованием определенной расчетной ситуации, и каждого состояния нагрузки судна. Средний статистический индекс аварийности для данного типа судна может быть принят в качестве допустимого минимума (нормы). При необходимости можно ввести в норму коэффициент запаса.

Основные преимущества вероятностных критериев остойчивости состоят в том, что они дают возможность:

1. Обеспечить равную степень безопасности судов различных типов в разных условиях эксплуатации и при разных состояниях нагрузки;

2. Указать реальный уровень безопасности каждого судна, поскольку вероятностные критерии являются в то же время мерами гарантии безопасности на обозримый интервал времени;

3. Учитывать различные требования к остойчивости с учетом особенностей назначения судна и вероятности опасных расчетных ситуаций в разных зонах океана в любое время года.

Современная океанография, теория, опыт эксплуатации судов позволяют производить соответст-

вующие расчеты функции риска потери судна и груза во всех выявленных опасных, с точки зрения опрокидывания, ситуациях и вероятностных критериев остойчивости при их практическом использовании проектными, эксплуатирующими, надзорными и страховыми организациями.

Литература

1. *Ярисов В. В.* Особенности эксплуатации малотоннажных судов на попутном волнении в условиях заливания палубы в свете обеспечения безопасности мореплавания/Уч. пособие. СПб.: Судостроение, 2003.
2. *Ярисов В. В.* Анализ аварий судов от потери остойчивости в условиях заливания палубы/Уч. пособие. СПб.: Судостроение, 2005.
3. *Ярисов В. В.* Накренение и опрокидывание малотоннажного судна при его заливании попутной волной. Калининград: БГАРФ, 2003.
4. *Ярисов В. В.* О необходимости корректировки Правил Российского морского регистра судоходства в части остойчивости малых (до 40 м) рыболовных судов//Морской Вестник. 2006. № 2 (18).
5. Interim Guidelines for the Application of Formal Safety Assessment (FSA) to the IMO Rule-Making Process. MSC/Circ.829,/MEPC/Circ. 335. 17.11.97.
6. MSC 71/INF.7 Hazard identification on the Watertight Integrity of the Fore and of Bulk Carriers. Submitted by IACS,1999.
7. Решетов Н. А. Формальная оценка безопасности судна//Науч.-техн. сб. Российского морского регистра судоходства. Вып. 20. Ч. 1. СПб., 1997.
8. *Пономарев И. М., Трунин В. К., Шишкарева Н. А.* Формальная оценка безопасности эксплуатации танкеров//Науч.-техн. сб. Российского морского регистра судоходства. Вып. 23. СПб., 2000.
9. *Ярисов В. В., Нгуен Х. А.* Взгляд на концепцию безопасности мореплавания в соответствии с требованиями резолюции ИМО А 471(18) от 04.11.1993 (МКУБ)//Проблемы мореходных качеств судов и корабельной гидромеханики: Тез. докл.. XXXIX Крыловских чтений. СПб.: ЦНИИ им. акад. А. Н.Крылова. НТО судостроителей им. акад. А. Н. Крылова, 1999.
10. *Ярисов В. В., Нгуен Х. А.* Практические способы расчета степени риска опрокидывания судна в различных условиях плавания, опасных с точки зрения опрокидывания//Науч.-техн. сб. Российского морского регистра судоходства. Вып. 22. СПб., 1999.
12. *Нечаев Ю. И.* Остойчивость судов на попутном волнении. Л.: Судостроение, 1978.
13. *Ярисов В. В.* Сравнительный анализ методов и критериев остойчивости на больших углах крена с учетом особенностей судов в различных условиях плавания//ISC'98: Труды второй междунар. конф. по судостроению. Т. А1. СПб.: ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова, 1998.
14. *Севастьянов Н. Б.* Теоретические и практические основы вероятностной оценки остойчивости судов//Сб. науч. трудов «Проектирование и нормирование мореходных качеств судов». Калининград: КТИРПИХ, 1994.
15. *Бородай И. К.* Вероятностная оценка возможности опрокидывания судна ветром: первая постановка задачи и ее решение//Проблемы динамики судна: Сб. статей, посвященных 85-летию со дня рождения Г. А. Фирсова. СПб.: ЦНИИ им. акад. А. Н.Крылова, 1998.
16. *Зеленин Л. К.* Оценка надежности характеристик остойчивости в условиях штормового волнения//Сб. науч. трудов «Мореходные качества и проектирование судов». Калининград: КТИРПИХ, 1989.
17. *Рахманин Н. Н., Виленский Г. В.* Попутное волнение и валкость судна//Науч.-техн. сб. Российского морского регистра судоходства. Вып. 19. СПб., 1996.
18. *Севастьянов Н. Б.* Остойчивость промысловых судов. Л.: Судостроение, 1970.
19. *Бородай И. К., Рахманин Н. Н.* Современное состояние исследований по проблеме опрокидывания неповрежденных судов в штормовых условиях//Приложение к докладу техн. комитета на 14-й Международной конференции опытовых бассейнов (МКОБ), 1975.
20. *Севастьянов Н. Б.* Расчетные ситуации для оценки остойчивости и физические картины опрокидывания судов//Труды КТИРПХ. Вып. 99. 1982.

Блиц-новости

✓ 14 июля судостроители ОАО СЗ «Лотос» спустили на воду несамоходную баржу пр. Р-248 грузоподъемностью более 2760 т для компании Panalpina Central Asia. Она предназначена для перевозки тяжеловесных грузов (500-600 т) и будет эксплуатироваться компанией Agip KCO на Кашаганском месторождении (Казахстан) в Каспийском море.

✓ В середине июля в ОАО «Завод "Красное Сормово"» доставлен батискаф АС-28 для ремонта и модернизации по заказу ВМФ. Примерно год назад он потерпел бедствие у берегов Камчатки.

✓ В июле компания Aker подписала контракт с ОАО ГМК «Норильский никель» на постройку четырех контейнеровозов ледового класса общей стоимостью 320 млн евро, которые должны быть сданы заказчику в период с третьего квартала 2008 г. по первый квартал 2009 г. для эксплуатации на Северном морском пути. Суда будут иметь длину 170 м, ширину 23 м, грузоподъемностью 14500 т (650 TEU).

✓ ООО «Невский Кэпитал Партнерс» приобрело в июле 80% акций ОАО СФ «Алмаз».

✓ 8 июля ОАО «Завод "Красное Сормово"» передало заказчику — азербайджанскому пароходству Каспар — четвертый нефтеналивной танкер «Кер-Оглы» дедвейтом 13 000 т (пр. 19619). Пятый танкер «Деде Горгуд», последний в заказанной серии, спущен на воду в мае.

✓ По проекту, разработанному Морским Инженерным Бюро (Одесса) в сотрудничестве с ОАО «Донречфлот», завершена переклассификация трех барж пр. Р79 (ВД-3751, ВД-3752, ВД-3753) и трех барж пр. Р79А (ВД-3757, ВД-3758, ВД-3761) с класса О-ПР (лед) на класс М-ПР 2.5 (лед 20). В ходе модернизации установили люковые закрытия, усилили подкреплениями комингсы люков, палубу, днищевые связи. В результате расширен район плавания этих сухогрузных несамоходных барж грузоподъемностью 3500 т, повысилась эффективность их эксплуатации.

✓ В начале июля фирма Keppel Kazakhstan завершила монтаж каркаса сборочного цеха нового судостроительного завода в Актау (Казахстан), который будет использоваться для постройки различных плавсредств для обслуживания морских нефтепромыслов на Каспие.

✓ 8 июля хорватская верфь 3 Maj Shipbuilding Industry передала Латвийскому пароходству головной танкер дедвейтом 51 800 т для перевозки нефте- и химпродуктов. Всего заказано 10 таких судов.

✓ 7 июля на стапеле ОАО «ССРЗ им. III Интернационала» заложили третий 135-метровый сухогруз (корпус) типа «Azola» для голландской компании Rensen Shipbuilding B. V.

✓ 7 июля корабелы ОАО «Ярославский судостроительный завод» заложили головной рыболовный сейнер «Harto» для норвежской компании Bergtun Fiskeriselskap AS. Его размерения 28,4x9,5x6,7 м.

16 июня со стапеля ФГУП «Адмиралтейские верфи» спустили на воду танкер-продуктовоз «Tavrichesky Bridge» дедвейтом 47 400 т — шестой в серии, строящейся для ОАО «Совкомфлот». Очередной седьмой танкер (заказ 02746) на этом же стапеле заложили 22 июня

ПРОЕКТЫ РАКЕТНОГО ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ ЭСКАДРЕННЫХ МИНОНОСЦЕВ пр. 30бис[1]

М. В. Котов

УДК 623.823.004.68

Эскадренные миноносцы пр. 30бис были самыми массовыми кораблями этого класса в составе отечественного ВМФ. Последние корабли этого типа были списаны уже в конце 80-х годов, прослужив без модернизации (практически в первозданном виде) более тридцати лет. Между тем разрабатывались интересные проекты перевооружения этих кораблей ракетным оружием. Они не были реализованы на «тридцатках-бис», но в немалой степени способствовали становлению ракетно-ядерного флота.

К моменту вступления в строй эсминцев пр. 30бис существенно изменились взгляды на использование кораблей этого класса. Уже в ходе второй мировой войны эскадренным миноносцам приходилось решать преимущественно задачи не торпедной атаки крупных надводных кораблей, а противовоздушной и противолодочной обороны соединений и конвоев. Между тем пр. 30бис, история создания которого берет начало с 1937 г., был разработан именно как классический артиллерийско-торпедный эсминец.

К 1953 г. советский ВМФ пополнился крупной серией новых эсминцев, которые по составу вооружения далеко не в полной мере отвечали своему назначению. Сразу же встал вопрос об их модернизации. Первые проработки перевооружения этих кораблей появились уже в 1954 г., когда ЦКБ-53 по заданию Управления кораблестроения ВМФ разработало эскизный проект замены существующего зенитного вооружения двумя счетверенными 45-мм автоматическими артустановками ЗИФ-68 с радиолокационной системой управления стрельбой «Фут-Б» и четырьмя счетверенными 25-мм установками 4М-120П с автономным наведением. Вся новая зенитная артиллерия располагалась побортно: 25-мм установки на крыльях нижнего мостика и у кормового котельного кожуха, а 45-мм — на кормовой надстройке. В заключении Главного управления кораблестроения, утвержденном главнокомандующим ВМФ адмиралом флота Н. Г. Кузнецовым, такое расположение, обеспечивающее совместную стрельбу двух установок ЗИФ-68 с использованием РЛС «Фут-Б» лишь в узком секторе, было признано главным недостатком проекта. ЦКБ-53 было предложено технический проект разрабатывать по откорректированному заданию, обеспечив линейное расположение 45-мм зенитных установок, а также заменив РЛС «Риф» и «Гюйс-1М-4» на новую станцию обнаружения «Фут-Н». Для компенсации возрастающей перегрузки было разрешено отказаться от установки 25-мм автоматов у кормового котельного кожуха, сократив их общее количество с четырех до двух.

Откорректированный проект (реализация оценивалась в 30 млн руб., а продолжительность — в 7—8 мес) был рассмотрен в 1955 г. всеми заинтересованными центральными управлениями ВМФ и ... не рекомендован для дальнейшего проектирования. Достигнутые к этому времени успехи в создании ракетной техники породили уверенность в бесперспективности ствольной артиллерии. Не желая ограничиваться полумерами, заместитель главнокомандующего ВМФ по кораблестроению инженер-адмирал Н. В. Исаченков предложил «вопросы зенитного перевооружения эсминцев проекта 30бис решать не отдельно, а одновременно с вооружением части из них реактивным оружием». Принципиально верное решение о дальнейшем направлении модернизации этих кораблей обернулось первой потерей времени. Интересно отметить, что не был реализован ни один из разработанных в этот период проектов модернизации зенитного вооружения большинства крейсеров и эсминцев отечественного флота (пр. 26, 26бис, 68бис, 7у) путем замены 37-мм артустановок В-11 на 45-мм ЗИФ-68.

Вскоре работы по проектированию различных вариантов модернизации эсминцев пр. 30бис развернулись широким фронтом. Они велись практически одновременно в четырех направлениях: установка ударного ракетного оружия, усиление противолодочного вооружения (ПЛО), усиление средств противовоздушной обороны (ПВО) и, наконец, переоборудование в корабли специального назначения. Расчеты показали, что предельно допустимая перегрузка эсминцев в ходе модернизации не должна превышать 270 т. В противном случае из-за снижения запаса

[1]По материалам ЦВМА, ф. 13, оп. 10, д.127, 170, оп. 035529, д. 1049.

Эскадренный миноносец пр. 30

плавучести непотопляемость корабля при затоплении двух любых смежных отсеков уже не обеспечивалась. При перегрузке более 300 т требовалось подкрепление корпуса по условиям общей прочности.

Еще до окончания работ по проекту замены зенитной артиллерии, в декабре 1954 г., Н. Г. Кузнецовым было утверждено оперативно-тактическое задание (ОТЗ) на перевооружение эсминцев пр. 30бис «изделиями КСЩ[1]» — первыми отечественными противокорабельными крылатыми ракетами. Взамен существующего вооружения на «тридцатку-бис» требовалось установить две пусковые (по терминологии того времени — стартовые) установки с системой приборов управления стрельбой (ПУС), обеспечивающей их совместную и раздельную стрельбу, 12—14 ракет (самолетов-снарядов) КСЩ, 4 счетверенных 45-мм автомата ЗИФ-68 с двумя стрельбовыми радиолокационными станциями (РЛС) «Фут-Б», радиолокационные станции «Залп» и «Фут-Н», навигационную РЛС «Нептун», станцию поиска «Мачта-П4», гидроакустическую станцию (ГАС) «Геркулес-2М», предусмотреть размещение, взлет и посадку вертолета Ка-15, а также заменить устаревшие образцы штурманского и химического вооружения и выполнить мероприятия по противоатомной защите. Разработка предэскизного проекта была поручены проектному бюро 1 ЦНИИ ВМФ.

Уже первые расчеты выявили, что только по комплексам КСЩ, зенитной артиллерии и гидроакустике перегрузка составляет около 180 т. При этом начальная метацентрическая высота снизилась до 0,2 м, а для ее восстановления до приемлемых значений требовалось принять не менее 300 т твердого балласта. В результате, уже по самым предварительным подсчетам, перегрузка приближалась к 500 т. Проработка общего расположения показала, что на корабле не удается разместить требуемое количество 45-мм автоматов и боевых постов даже при максимальном увеличении объема надстроек. Таким образом, уже на самой ранней стадии проектирования выявилась несовместимость требований ОТЗ, и дальнейшая разработка предэскизного проекта велась лишь с целью выявления принципиальной возможности размещения на «тридцатках-бис» ударного ракетного оружия при сохранении удовлетворительных кораблестроительных элементов.

Одной из наиболее серьезных трудностей при проектировании стало изменение требований к комплексу КСЩ, повлекшее создание закрытой стабилизированной пусковой установки, удовлетворяющей требованиям противоатомной защиты. Масса такой установки достигала 65 т, что практически исключало ее установку на эсминце. В этой ситуации в качестве альтернативы КСЩ были рассмотрены варианты вооружения эсминцев другими типами крылатых ракет, находившихся в то время в разработке: П-15 и СКС, «требующих для своего старта малогабаритных и значительно облегченных стартовых установок». Вскоре, 25 августа 1955 г., вышло и постановление Правительства СССР «О создании корабля проекта 60, вооруженного самонаводящимися самолетами-снарядами ближнего действия П-15 в корпусе корабля проекта 30бис».

К октябрю 1955 г. была закончена разработка предэскизного проекта в пяти вариантах, различавшихся только типом ракетного комплекса и системой хранения и подачи ракет (табл. 1). Остальное вооружение было одинаковым и включало в себя два счетверенных 45-мм автомата ЗИФ-68 с одной станцией управления стрельбой «Фут-Б», РЛС «Риф-Щ», «Залп-Щ» и «Парус-Н», навигационную РЛС «Нептун» и станцию поиска «Мачта-П». Штурманское и химическое вооружение сохранялось с незначительными изменениями по пр. 30бис, противоатомная защита обеспечивалась лишь установкой системы водяной завесы, противопыльных фильтров и противовзрывных клапанов. Изначально рассматривая корабль как ударный, разработчики отказались от замены гидроакустики и противолодочного вооружения и снизили количество бомбометов БМБ-1 до двух, а комплект глубинных бомб до 24 шт.

Сравнение полученных вариантов позволило рекомендовать для дальнейшей разработки перевооружение по 1-, 3- или 5-му вариантам с хранением ракет в ангарах и массой пусковых установок, не превышающей 30 т. Параллельно с 1 ЦНИИ ВМФ свой предэскизный проект перевооружения «тридцатки-бис» комплексом КСЩ, получивший индекс пр. 30-БР, предложило в инициативном порядке ЦКБ-53. В общих чертах он напоминал первый вариант 1 ЦНИИ ВМФ с уменьшенным до восьми ракет боекомплектом и двумя дополнительно установленными 25-мм счетверенными автоматами 4М-120П.

На данном этапе выбор был вполне обоснованно сделан в пользу комплекса с меньшими массогабаритными характеристиками, и в апреле 1956 г. главнокомандующий ВМФ СССР адмирал С. Г. Горшков утвердил тактико-техническое задание (ТТЗ) на дальнейшую разработ-

[1]Корабельный снаряд «Щука».

ку пр. 60. Однако, по сравнению с ОТЗ, состав вооружения претерпел существенные изменения — увеличился калибр зенитной артиллерии, появилось современное противолодочное вооружение. Кроме двух пусковых установок с запасом 10—12 ракет П-15 на корабле требовалось разместить две реактивные бомбометные установки РБУ-2500 с запасом реактивных глубинных бомб на три залпа, трехтрубный торпедный аппарат для противолодочных торпед и две счетверенные 57-мм автоматические артустановки ЗИФ-57 с радиолокационной системой управления стрельбой «Фут-Б».

Разработка пр. 60 была поручена ЦКБ-53, а потом передана ЦКБ-57, специализацией которого и было проектное обеспечение капитального ремонта и модернизация кораблей. Большая часть вариантов перевооружения эсминцев пр. 30бис появилась впоследствии именно в стенах этого бюро. Через 3 мес после получения ТТЗ ЦКБ-57 выдало на рассмотрение три варианта проработки: два в соответствии с заданием и третий — инициативный (табл. 2). В первых двух вариантах пусковые установки размещались на месте башен главного калибра, в носовой и кормовой надстройках оборудовались ангары для хранения ракет, а зенитные автоматы располагались линейно-возвышенно в кормовой части корабля.

При рассмотрении первого варианта становилось очевидно, что разместить на корабле весь требуемый состав вооружения не представляется возможным. Недостаток объемов внутри корпуса приводил к сооружению громоздких надстроек в средней и кормовой частях корабля, недопустимых по соображениям остойчивости. Однако даже в этом случае нормальные условия обитаемости личного состава не обеспечивались, и 12 чел. приходилось раз-

Таблица 1

Тактико-технические элементы эскадренных миноносцев пр. 30бис и варианты проектов модернизации 1 ЦНИИ МО, 1955 г.

Наименование элементов	Эскадренный миноносец пр. 30бис, ЦКБ-53, 1947 г., корабль сдачи 1952 г.	Предэскизный проект перевооружения пр. 30бис реактивным оружием ближнего действия				
		Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4	Вариант 5 (пр. 60)
Водоизмещение стандартное, т:	2332	2500	2520	2520	2730	2460
в том числе твердый балласт	Нет	105	100	130	230	72
Скорость полного хода, уз	35,5	•	•	•	•	•
Дальность плавания, миль	3500	•	•	•	•	•
Количество и тип котлов	4×КВ-30	4×КВ-30	4×КВ-30	4×КВ-30	4×КВ-30	4×КВ-30
ВООРУЖЕНИЕ						
Артиллерийское:						
главный калибр	2×2 — 130 мм Б-2ЛМ	•	•	•	•	•
зенитный калибр	1×2 — 85 мм 92-К 4×2 — 37 мм В-11	2×4 — 45 мм ЗИФ-68	2×4 — 45 мм ЗИФ-68	2×4 — 45 мм ЗИФ-68	2×4 — 45 мм ЗИФ-68	2×4 — 45 мм ЗИФ-68
Ракетное	Нет	2×1 ПУ массой 30 т 12 ракет СКС хранение в ангарах	2×1 ПУ массой 30 т 10 ракет СКС хранение в погребах	2×1 ПУ массой 30 т 8 ракет КСЩ хранение в ангарах	2×1 ПУ массой 60 т 10 ракет КСЩ-М хранение в погребах	2×1 ПУ массой 30 т 10 ракет П-15 хранение в ангарах
Торпедное	2×5 — 533 мм	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Противолодочное	6 бомбометов БМБ-1 2 бомбосбрасывателя, 50 БГБ	2 бомбомета БМБ-1 24 БГБ	2 бомбомета БМБ-1 24 БГБ	2 бомбомета БМБ-1 24 БГБ	2 бомбомета БМБ-1 24 БГБ	2 бомбомета БМБ-1 24 БГБ
Радиотехническое:						
РЛС обнаружения:						
воздушных целей	«Гюйс-1М4»	«Парус-Н»	«Парус-Н»	«Парус-Н»	«Парус-Н»	«Парус-Н»
надводных целей	«Риф-1»	«Риф-Щ»	«Риф-Щ»	«Риф-Щ»	«Риф-Щ»	«Риф-Щ»
РЛС управления огнем:						
главного калибра	«Залп»	•	•	•	•	
зенитного калибра	«Вымпел-2»	«Фут-Б»	«Фут-Б»	«Фут-Б»	«Фут-Б»	«Фут-Б»
УРО	•	«Залп-Щ»	«Залп-Щ»	«Залп-Щ»	«Залп-Щ»	«Залп-Щ»
поиска	•	«Мачта-П»	«Мачта-П»	«Мачта-П»	«Мачта-П»	«Мачта-П»
Навигационная РЛС	«Рым-1»	«Нептун»	«Нептун»	«Нептун»	«Нептун»	«Нептун»
ГАС	«Тамир-5Н»	«Тамир-5Н»	«Тамир-5Н»	«Тамир-5Н»	«Тамир-5Н»	«Тамир-5Н»
Стоимость в текущ. ценах, млн руб.	80	Не определялась	Не определялась	Не определялась	Не определялась	не определялась

мещать в румпельном отделении (!). Стандартное водоизмещение возрастало по сравнению с первоначальным проектом на 320 т, в том числе требовалась укладка 190 т твердого балласта.

Второй вариант практически исключал эти недостатки, он предусматривал для снижения перегрузки достаточно простое и весьма эффективное техническое решение, неоднократно предлагавшееся и в дальнейшем — замену главных котлов КВ-30 на новые котлы типа КВГ 57/28 с вентиляторным дутьем в топки, разработанные для СКР пр. 50 и отличавшиеся при меньшей массе и габаритах более высокой паропроизводительностью. Требовалось лишь несколько увеличить длину котла, сохранив все остальные габаритные размеры и конфигурацию топки. Такое решение позволяло разместить все главные котлы в двух котельных отделениях вместо четырех, высвободить значительные объемы и, что немаловажно, выполнить мероприятия по противоатомной защите котельных отделений. Стоимость котла нового типа была близка к стоимости ремонта котла КВ-30, но при этом требовался значительный объем корпусных работ: перенос на 1,5 м двух главных поперечных переборок, изготовление новых турбовентиляторов, фундаментов, котельных кожухов, и дымовых труб. Увеличение стоимости переоборудования по второму варианту по сравнению с первым должно было составить около 3,5 млн руб. (10%), зато появилась возможность разместить боекомплект из 12 ракет. Перегрузка снижалась до 140 т (в том числе 100 т твердого балласта), объем и масса надстроек возрастали незначительно, условия обитаемости сохранялись в пределах установленных норм.

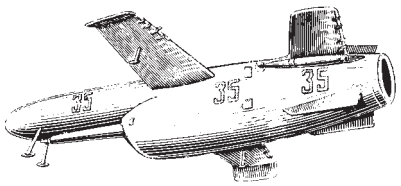
Третий вариант, разработанный с отступлением от требований ТТЗ, имел ряд существенных преимуществ. Ракеты в нем размещались не в ангарах, а непосредственно на строенных пусковых установках, полностью заправленные топливом и готовые к старту. За счет этого интер-

Таблица 2

Тактико-технические элементы эскадренных миноносцев пр. 30бис и варианты проектов модернизации ЦКБ-57, 1956 г.

Наименование элементов	Корабль с реактивным оружием ближнего действия пр. 60, ЦКБ-57, 1956 г.			Переоборудование ЭМ пр. 30бис в корабль-носитель самолетов-снарядов КСЩ или П-35, ЦКБ-57 (инициат.), 1957 г.		
	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3 (инициат.)	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Водоизмещение стандартное, т	2670	2490	2600	2600	2590	2580
в том числе твердый балласт	190	100	130	100	100	100
Скорость полного хода, уз	34	34,7	34,3	34	34	34
Дальность плавания, миль	•	•	•	•	•	•
Количество и тип котлов	4×КВ-30	4×КВГ 57/28	4×КВ-30	4×КВ-30	4×КВ-30	4×КВ-30
ВООРУЖЕНИЕ						
Артиллерийское:						
главный калибр						
зенитный калибр	2×4 — 57 мм ЗИФ-75	2×4 — 57 мм ЗИФ-75	2×4 — 57 мм ЗИФ-75	2×4 — 57 мм ЗИФ-75	2×4 — 57 мм ЗИФ-75	2×4 — 57 мм ЗИФ-75
Ракетное	2×1 ПУ 10 ракет П-15 дальность 40 км	2×1 ПУ 12 ракет П-15 дальность 40 км	3×3 ПУ 9 ракет П-15 дальность 40 км	3×3 ПУ 9 ракет КСЩ-М дальность	3×2 ПУ 6 ракет КСЩ-М дальность	2×3 ПУ 6 ракет П-35-М дальность
Торпедное	1×3 — *	1×3 — *	4 трубы*по 2 на ПУ	6 труб* по 2 на ПУ	4 трубы*по 2 на ПУ	4 трубы*по 2 на ПУ
Противолодочное	2×16 РБУ-2500, 96 РГБ-25	2×16 РБУ-2500, 96 РГБ-25	2×16 РБУ-2500, 96 РГБ-25	2×16 РБУ-2500, 96 РГБ-25	2×16 РБУ-2500, 96 РГБ-25	2×16 РБУ-2500, 96 РГБ-25
Радиотехническое:						
РЛС обнаружения:						
воздушных целей	«Фут-Н»	«Фут-Н»	«Парус-Н»	«Ангара»	«Ангара»	«Ангара»
надводных целей	«Риф-Щ»	«Риф-Щ»	•	•	•	•
РЛС управления огнем:						
главного калибра						
зенитного калибра	«Фут-Б» — 2 компл.	«Фут-Б» — 2 компл.	«Барс» — 2 компл.	«Фут-Б» — 2 компл.	«Фут-Б» — 2 компл.	«Фут-Б» — 2 компл.
УРО	•	•	•	«Залп-Щ»	«Залп-Щ»	«Залп-Щ»
Навигационная РЛС	«Нептун»	«Нептун»	«Нептун»	«Нептун»	«Нептун»	«Нептун»
ГАС	ГС-572	ГС-572	ГС-572	ГС-572	ГС-572	ГС-572
Стоимость в текущ. ценах, млн руб.	33,5 (без ремонта)	37 (без ремонта)	34 (без ремонта)	35—45	35—45	35—45

* Для стрельбы противолодочными торпедами.



Корабельный снаряд «Щука» — КСЩ

вал между их запусками мог составлять 20—25 с против 8—10 мин при размещении ракет в ангарах. Полный залп мог быть произведен менее чем за 2 мин, что значительно повышало вероятность поражения цели. За счет снижения требований к условиям хранения ракет удалось сократить объем надстроек и сохранить главную энергетическую установку по первоначальному проекту. Пусковые установки в этом варианте размещались на месте торпедных аппаратов и кормовой башни главного калибра, причем к двум из них подвешивались снизу по две торпедных трубы для противолодочных торпед. ОКБ-232 Министерства оборонной промышленности (разработчик пусковых установок) подтвердило такую возможность при условии внесения незначительных изменений в систему управления стрельбой. Наконец, размещение зенитной артиллерии по третьему варианту также было более выгодным — по одной 57-мм счетверенной автоматической артустановке в носовой и кормовой частях корабля.

По результатам рассмотрения всеми заинтересованными управлениями и институтами ВМФ был рекомендован к дальнейшей разработке третий вариант пр. 60 и в ТТЗ были внесены соответствующие изменения. К сожалению, год спустя главнокомандующий ВМФ отказался от продолжения работ по этому проекту, «ввиду неперспективности комплекса П-15» (?!) и невозможности обеспечить вступление в строй первых переоборудованных кораблей ранее 1960 г. Видимо, дальность действия комплекса П-15 (40 км), разрабатывавшегося, в первую очередь, для вооружения катеров, была признана для эсминца недостаточной. Чаша весов склонилась в сторону КСЩ (дальность 80 км), с которым достраивались по откорректированному проекту 56М последние эсминцы пр. 56 и строились новые корабли пр. 57бис.

О преждевременном отказе от установки на «тридцатках-бис» комплекса П-15 остается только сожалеть. Обладавший низкой скорострельностью и многими другими недостатками, неудобный в обслуживании, КСЩ был снят с вооружения в конце 60-х годов, а П-15, напротив, получил развитие, поставлялся на экспорт, а его усовершенствованная модификация П-15М со складывающимися крыльями, запускавшаяся из контейнерной пусковой установки, устанавливалась в 70-е годы и на крупных кораблях пр. 56М и 61 в ходе их модернизации (пр. 56У и 61МП).

Не привела к успеху и повторная попытка установить на эсминцы пр. 30бис комплекс КСЩ. Вскоре после прекращения работ над пр. 60 группа конструкторов ЦКБ-57 МСП, ГСНИИ 642 Министерства авиационной промышленности и ОКБ-232 Министерства оборонной промышленности в инициативном порядке предложила три варианта перевооружения «тридцаток-бис» модифицированными ракетами КСЩ или находящимися в процессе разработки П-35 с сохранением основных технических решений пр. 60 — поворотных спаренных или строенных пусковых установок с подвешенными под ними торпедными трубами, зенитной артиллерии и т. д. Возможность создания пусковой установки с приемлемыми массогабаритными показателями не вызывала сомнений, так как подобный проект был разработан в ОКБ-232 для корабля пр. 60 и один ее отсек даже прошел полигонные испытания. Требовалось лишь обеспечить старт ракеты с нестабилизированной пусковой установки с укороченными направляющими. ГСНИИ-642 в своих проработках подтвердил такую возможность путем замены «автопилота», а также предложил вариант ракеты КСЩ со складывающимися крыльями и показал пути увеличения дальности полета до 130—200 км.

Несмотря на то, что второй, наиболее простой, вариант с шестью ракетами КСЩ, для осуществления которого требовалось только решение проблем со стартом с нестабилизированной установки, получил высокую оценку 1 ЦНИИ ВМФ и был рекомендован к реализации, работы над ним не продолжили из-за необходимости доводки ракеты, слабости зенитного вооружения (две счетверенные 57-мм артустановки ЗИФ-75) и начала строительства новых кораблей пр. 56М и 57бис с комплексом КСЩ. Несмотря на недостаточность и спорность такой аргументации, резолюция главнокомандующего ВМФ адмирала С. Г. Горшкова на докладе инженера-адмирала Н. В. Исаченкова: «Вариантами с УРС не заниматься», — 17 марта 1958 г. положила конец попыткам усиления ударных возможностей эсминцев пр. 30бис.

Большой ракетный корабль пр. 57бис, вооруженный комплексом КСЩ

ЕДИНАЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА ГИДРОГРАФИЧЕСКОГО СУДНА НА БАЗЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОДВИЖЕНИЯ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

А. В. Григорьев, канд. техн. наук (ФГУП «ЦНИИ СЭТ»),
К. С. Ляпидов, канд. техн. наук (1 ЦНИИ МО),
Л. С. Макаров (ОАО КБ «Вымпел»)

УДК 658.012:629.5

Достоинства систем электродвижения хорошо известны и связаны прежде всего с возможностью реализации высоких маневренных характеристик судна, широким диапазоном регулирования частоты вращения гребного винта и большой перегрузочной способностью гребного электродвигателя (ГЭД). Применение систем электродвижения в качестве пропульсивного комплекса является перспективным решением для судов различного назначения, включая суда ледового плавания, ледоколы, транспортные и гидрографические суда, буксиры. При этом отечественный и зарубежный опыт показывает преимущества систем электродвижения переменного тока перед системами электродвижения постоянного и двойного рода тока.

Повысить массогабаритные и технико-экономические показатели можно путем создания единых электроэнергетических установок (ЕЭЭУ) на базе систем электродвижения, в которых главные генераторы обеспечивают питанием как ГЭД, так и общесудовые приемники электроэнергии.

Несмотря на хорошо известные достоинства ЕЭЭУ, в отечественном судостроении практически отсутствует опыт их проектирования и изготовления. Более того, в нашей стране до сих пор не было ни одного судна с ЕЭЭУ на базе системы электродвижения переменного тока.

В настоящие время ФГУП «ЦНИИ СЭТ» впервые в России изготовляет комплект ЕЭЭУ на базе системы электродвижения переменного тока с полупроводниковыми преобразователями и винторулевыми колонками для гидрографического судна[1].

Применение в составе судовых систем электродвижения современной силовой полупроводниковой техники и винторулевых колонок требует по-новому подходить к вопросу проектирования ЕЭЭУ. При этом следует учитывать такие особенности данных установок, как соизмеримость мощности источников и приемников электроэнергии, сравнительно небольшую протяженность линий электропередач, широкий диапазон изменения нагрузки в эксплуатационных режимах работы судна, наличие мощных полупроводниковых преобразователей, влияющих на качество электроэнергии в судовой сети.

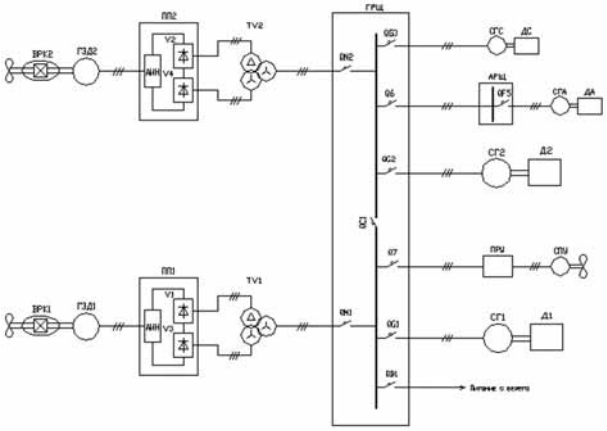


Рис. 1. **Структурная схема единой электроэнергетической установки гидрографического судна:**
ВРК1, ВРК2 — винторулевые колонки; ГЭД1, ГЭД2 — гребные электродвигатели; ПП1, ПП2 — полупроводниковые преобразователи; V1, V2 — мостовые неуправляемые выпрямители; V3, V4 — автономные инверторы напряжения; TV1, TV2 — повышающие трансформаторы; АРЩ — аварийный распределительный щит; ГРЩ — главный распределительный щит; Д1, Д2 — главные дизели; ДС — дизель стояночный; ДА — дизель аварийный; СГА — синхронный генератор аварийный; СГС — синхронный генератор стояночный; СПУ — стационарное подруливающее устройство; ПРУ — пускорегулирующее устройство

В состав ЕЭЭУ гидрографического судна (рис. 1) входят два главных, стояночный и аварийный дизель-генераторный агрегат, состоящие из приводных дизелей и синхронных генераторов.

От секций электродвижения главного распределительного щита (ГРЩ) через повышающие трансформаторы

[1] См. также: Единая электроэнергетическая система малого гидрографического судна с гребной энергетической установкой переменного тока/Н. А. Лазаревский, А. Ю. Румянцев, В. К. Самсыгин, В. А. Хомяк//Судостроение и водный транспорт России. 2000/2003. С. 33—39. (*Прим. ред.*).

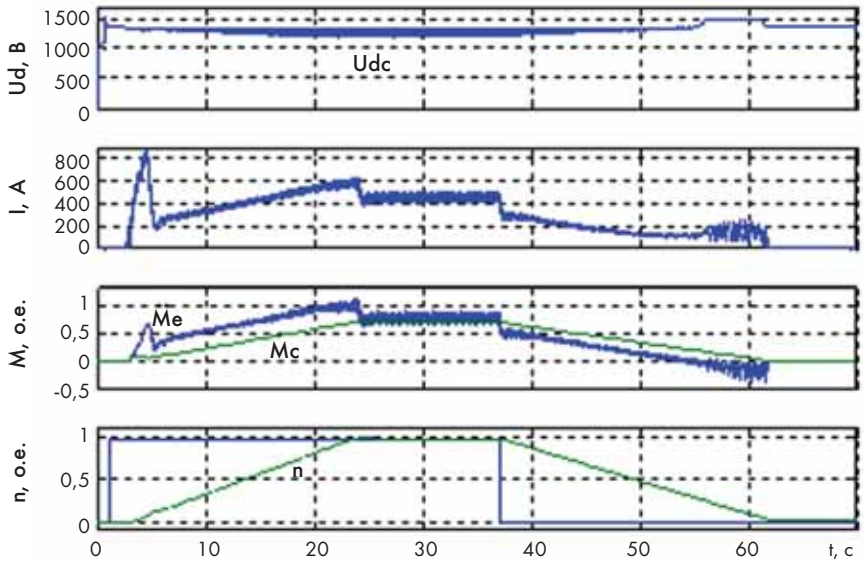


Рис. 2. **Переходные процессы пуска и остановки ГЭД, полученные на компьютерной модели ЕЭЭУ:**
U_d — напряжение в звене постоянного тока преобразователя; *I*, *M*, *n* — ток, электромагнитный момент и частота вращения ГЭД (о.е. — относительные единицы)

получают питание полупроводниковые преобразователи, к вторичным обмоткам которых подключены гребные электродвигатели. Общесудовые электроприемники, включая стационарное подруливающее устройство, подключены к соответствующим секциям ГРЩ и аварийного распределительного щита посредством винторулевых колонок обеспечивают движение судна.

При проектировании ЕЭЭУ гидрографического судна были использованы новые научно-технические и конструкторские решения, ранее не применявшиеся в отечественном судостроении. Особенностью разрабатываемой ЕЭЭУ является использование полупроводниковых преобразователей со звеном постоянного тока на базе автономных инверторов напряжения, асинхронных машин в качестве ГЭД, трехобмоточных повышающих трансформаторов, секций электродвижения в составе ГРЩ, главных дизель-генераторов, рассчитанных на стандартное промышленное напряжение 380 В.

На этапе проектирования ЕЭЭУ был проведен комплексный анализ установки с целью изучения ее свойств, определения статической и динамической устойчивости, качества переходных процессов, выбора защитно-коммутационной аппаратуры. Решение данных вопросов стало возможным путем проведения вычислительных экспериментов на компьютерной модели установки (рис. 2).

Экспериментальные исследования комплекса ЕЭЭУ гидрографического судна на испытательном стенде предприятия (рис. 3) подтвердили высокие технические характеристики изготовляемой установки.Сравнение результатов вычислительных экспериментов, проведенных на компьютерной модели и полученных на испытательном стенде, показало хорошую сходимость.

В состав физической модели ЕЭЭУ входили как реальные элементы комплекса — полупроводниковый преобразователь (рис. 4), силовые трансформаторы, ГЭД), — так и штатное оборудование испытательного стенда, используемое для моделирования гребного винта и дизель-генератора.

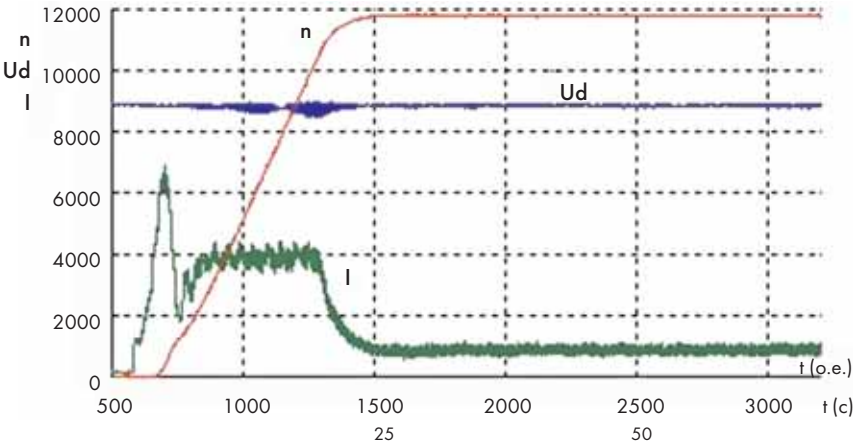


Рис. 3. **Осциллограмма пуск асинхронного ГЭД мощностью 550 кВт, полученная на экспериментальном стенде**

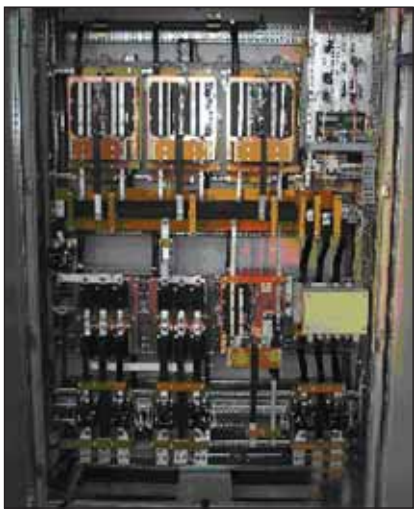


Рис. 4. **Полупроводниковый преобразователь со звеном постоянного тока производства ФГУП «ЦНИИ СЭТ»**

Оборудование комплекса ЕЭЭУ создано с использованием современной элементной базы ведущих отечественных и зарубежных фирм — производителей силовой преобразовательной и микропроцессорной техники, защитно-коммутационной аппаратуры и др.

В процессе проектирования и изготовления ЕЭЭУ гидрографического судна получен большой практический опыт по созданию сложной наукоемкой электротехнической продукции. Положительный результат работы предприятия подтверждает высокий потенциал отечественных производителей, способных создавать современное конкурентоспособное судовое оборудование, отвечающее требованиям мировых стандартов.

НОРМИРОВАНИЕ И СПОСОБЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОГО СОДЕРЖАНИЯ ОКИСЛОВ АЗОТА В ОТРАБОТАВШИХ ГАЗАХ МОРСКИХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

В. П.Зимин, канд. техн. наук (ФГУП «ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова»)

УДК 621.438.019.9:629.5

В последнее десятилетие отмечается ухудшение качества атмосферного воздуха в связи с увеличением вредных выбросов, в первую очередь окислов азота NO_x, окиси углерода CO, углеводородов C_xH_x, выделяемых промышленными, транспортными и другими тепловыми источниками, работающими на углеводородном топливе. К таким источникам относятся и морские газотурбинные двигатели (ГТД).

В настоящее время действует Международная конвенция по предупреждению загрязнения моря с судов (МАРПОЛ 73/78). Статья 3, п. 3 этой конвенции гласит: «...каждая сторона (государство) путем принятия соответствующих мер, не наносящих ущерба эксплуатации судов, должна обеспечить, чтобы эти суда действовали таким образом, который совместим с настоящей конвенцией». Поэтому все развитые страны ввели стандарты, регламентирующие вредные выбросы с отработавшими газами промышленных и транспортных тепловых двигателей, в первую очередь высокотоксичных окислов азота NO_x, которые составляют 93% объема всех вредных выбросов. При этом разные страны или группы стран имеют свои подходы к нормированию этих выбросов [1].

Приведенные в таблице данные свидетельствуют о большом различии значений регламентируемых выбросов NO_x: от 10—25 мг/м^3 (региональные требования в США, Японии) до 300 мг/м^3 (национальные требования в Германии, Швейцарии и Австрии).

Издаваемые национальными (общегосударственными) организациями требования имеют силу закона на всей территории данной страны. Такой национальной организацией, например, в США является EPA — Агентство по охране окружающей среды. Если местные (региональные) требования, установленные соответствующими органами штатов, префектур и т. п., более жесткие, чем национальные, то работающее в данной местности энергетическое оборудование должно соответствовать местным требованиям.

В нашей стране также существуют требования к выбросам NO_x для стационарных газотурбинный энергетических установок (ГТЭУ). Для отечественных газоперекачивающих агрегатов с газотурбинным приводом, в том числе созданных на базе судовых ГТД, содержание NO_x в отработавших газах ограничивается величиной 150 мг/м^3 при использовании в качестве топлива природного газа, в случае использования ГТД для привода электрогенераторов — 150 мг/м^3 (при работе на жидком топливе), а для вновь создаваемых ГТЭУ — 100 мг/м^3 на жидком и 50 мг/м^3 на газовом топливе (при условном 15%-м содержании кислорода в отработавших газах) [2, 3].

Предельные значения концентрации NO_x

Страна	Требование	Вид топлива	Концентрация, мг/м^3	
			в настоящее время	на ближайшую перспективу
Германия	Национальное	Газ	300	150
Швейцария		Жидкое	300	200
Австрия	Региональное	»	100	100
Нидерланды	Национальное	Газ	240	120
		Жидкое	240	120
	Региональное	»	≤120	≤120
США	Национальное	Газ	150	150
		Жидкое	150	150
	Региональное	»	10—25	10—25
Япония	Национальное	Газ	145	145
		Жидкое	200	145
	Региональное	»	10—25	10—25

Следует отметить, что для измерения величины выбросов вредных веществ с отработавшими газами тепловых двигателей, в том числе и ГТД, применяются различные единицы. Наиболее употребительные из них — объемные единицы в граммах (или миллиграммах) на 1 м^3 газа и мощностные в граммах на 1 кВт·ч (последние указываются в стандартах на дизели). Используются и другие единицы измерения: в частях загрязняющего вещества на миллион частей газа (ppm) или в граммах на единицу массы сжигаемого топлива (г/кг).

Нормирование выбросов NO_x, отнесенных к 1 м^3 газа (по концентрации), представляется неправильным, поскольку не отражает объективной картины нанесения вреда окружающей среде тем или иным тепловым источником. При таком подходе более совершенный в термодинамическом отношении высокотемпературный ГТД с меньшим удельным расходом топлива будет в экологическом отношении (при оценке выброса NO_x на 1 м^3 газа) оцениваться хуже двигателя, менее термодинамически совершенного и экономичного. В то же время абсолютный массовый выброс NO_x (при одинаковой мощности) у более совершенного ГТД может оказаться значительно ниже. Поэтому нормы выбросов NO_x должны соотноситься с полезным эффектом (мощностью двигателя) и выражаться в миллиграммах (граммах) NO_x на 1 кВт·ч [4].

Стационарные ГТЭУ работают, как правило, на режимах, близких к номинальному, поэтому нормируемая величина NO_x для этих ГТЭУ, указанная в стандартах, относится к номинальному режиму, на котором выбросы NO_x имеют наибольшее значение (при снижении режима работы ГТД выбросы NO_x существенно уменьшаются).

До настоящего времени требования по выбросам вредных веществ судовыми ГТД отсутствуют (в отличие от судовых дизелей). Уровень концентрации NO_x в отработавших газах судовых ГТД при условном содержании кислорода 15% составляет в среднем 4—6 г/(кВт·ч) [350—500 мг/м^3].

Вредное влияние окислов азота на окружающую среду следует оце-

нивать не только по концентрации NO_x в отработавших газах, но и по суммарному их количеству, поступающему в атмосферу.

Расчетная оценка годовых выбросов окислов азота ГТД, установленными на эксплуатирующихся кораблях и судах бывшего СССР, показала, что они составляют около 10 000 т. Эта величина, например, на порядок меньше суммарных годовых выбросов NO_x двигателями самолетов гражданской авиации [5].

Анализ методов снижения концентрации окислов азота в отработавших газах ГТД показал, что подавление NO_x должно вестись, в первую очередь, по пути предотвращения их образования в зоне горения камеры сгорания (КС).

Образование NO_x определяется в основном температурой в зоне горения КС и временем пребывания топливно-воздушной смеси в этой зоне. Ликвидация отдельных местных зон с повышенной, по сравнению со средним уровнем, температурой является технически наиболее просто осуществимым способом снижения образования NO_x в КС. Для этого необходимо организовать хорошее перемешивание (гомогенизацию) топливно-воздушной смеси. Однако конструктивные мероприятия, реализуемые в КС традиционных схем (изменение конструкции завихрителя воздуха, уменьшение длины камеры и др.), позволяют снизить концентрацию NO_x не более чем на 25—30%.

За рубежом предложен ряд новых конструктивных схем КС, обеспечивающих снижение эмиссии NO_x в несколько раз. Разрабатываются, например, двухзонные камеры с бедной и с переобогащенной горючей смесью, что приводит к снижению температуры в зоне горения. Устойчивость горения при этом обеспечивается благодаря нормальной работе другой зоны, где сжигается меньшая доля топлива. Однако такие КС являются достаточно сложными, как и камеры с регулируемой подачей воздуха [6].

В отечественных авиационных ГТД разработаны малотоксичные КС с организацией горения, приближенного к микрофакельному. В этом случае в конструкции традиционной камеры изменяется лишь фронтовое устройство. Вместо одной топливной форсунки большой производительности во фронте жаровой трубы устанавливается несколько (до десяти и более) небольших форсунок той же суммарной топливной производительностью [7].

Помимо такого «сухого» способа снижения NO_x, в стационарной энергетике широко используется «мокрый» способ — впрыск пресной воды или водяного пара в КС. Так, впрыск воды в количестве 0,6 от расхода топлива позволяет снизить выбросы NO_x примерно в 2 раза. Однако необходимость наличия такого, достаточно небольшого, количества пресной воды ограничивает возможность применения этого способа на корабле (судне).

Очистка газов за пределами ГТД (в газоходе) с использованием, например, широко применяемого в дизелях каталитического метода для морских ГТЭУ представляется проблематичной в связи с большими массогабаритными показателями системы очистки и использованием дорогих катализаторов и ядовитых (аммиак) веществ. Из изложенного следует, что для морских ГТД наиболее приемлем «сухой» способ снижения образования NO_x.

Экспериментальные исследования позволили установить принципиальную возможность снижения образования окислов азота в камере сгорания морских ГТД как «сухим» способом (создание малотоксичных камер с микрофакельным горением) — в 2—3 раза и более, так и «мокрым» (подача воды или пара в камеру в количестве примерно 0,5 от расхода топлива) — не менее чем в 2 раза [7]. Таким образом, имеется реальная возможность довести уровень выбросов NO_x морскими ГТД, более напряженными и высокотемпературными по сравнению со стационарными, до величин, близких к регламентированным государственными стандартами на стационарные ГТЭУ на жидком топливе (до 150 мг/м^3 в настоящее время и 100 мг/м^3 в перспективе).

В законе РФ «Об охране окружающей среды» сказано: «...в стандартах на новую технику, технологии, материалы, вещества и другую продукцию, способную оказать вредное воздействие на окружающую природную среду, устанавливаются экологические требования для предупреждения нанесения вреда окружающей природной зоне, здоровью и генетическому фонду человека...» Поэтому, несмотря на то, что морские ГТД по суммарным выбросам NO_x не играют определяющей роли в глобальном загрязнении атмосферы, их выбросы необходимо также нормировать.

Разработанный автором данной статьи проект требований к выбросам NO_x морскими ГТД распространяется на главные ГТД газотурбинных и дизель-газотурбинных ЭУ водоизмещающих кораблей и судов и устанавливает нормы выбросов NO_x с отработавшими газами и методы их определения при стендовых испытаниях двигателей. Нормы ограничивают выбросы NO_x в атмосферу с отработавшими газами и распространяются на перспективные морские ГТД.

При выдаче технических заданий на модернизацию существующих ГТД применяемость норм определяется заказчиком по согласованию с разработчиком.

Устанавливается следующий нормированный показатель выбросов NO_x с отработавшими газами ГТД: удельная масса окислов азота NO_x (J_{NO_x}) — масса, содержащаяся в отработавших газах и приходящаяся на 1 кВт·ч на контролируемом при стендовых испытаниях режиме. Выбросы NO_x с отработавшими газами не должны превышать значения J_{NO_x} = 1,0...1,5 г/(кВт·ч) на режиме 0,6—1,0 от номинальной мощности ГТД (при условном содержании кислорода 15%, температуре 0 °С и давлении 0,1013 МПа). Приведенные значения концентрации NO_x в отработавших газах ГТД могут быть достигнуты во вновь разрабатываемых ГТД 4-го и 5-го поколений при условии применения в их конструкции специально разработанных малотоксичных КС.

Предлагаемые требования (нормы) по выбросам NO_x с отработавшими газами морских ГТД соответствуют современным аналогичным требованиям, предъявляемым к стационарным ГТД, и учитывают специфику использования корабельных ГТД.

Подача пресной воды или водяного пара в камеру сгорания ГТД, наряду с улучшением экологических характеристик двигателя, является эффективным средством повышения его мощности, а также, в случае подачи пара в КС, и экономичности. По

данным экспериментальных исследований, подача воды непосредственно в зону горения КС в количестве, равном 50% от расхода топлива (1,2% от расхода воздуха), обеспечивает снижение выбросов NO_x в 1,5—2 раза, а при подаче воды в количестве, равном расходу топлива, — в 3—3,5 раза (при условии сохранения температуры газа за КС). Дальнейшее увеличение количества подаваемой в КС воды практически не влияет на снижение образования NO_x [8].

Для получения такого же эффекта по снижению NO_x путем подачи водяного пара последнего потребуется примерно в 1,7 раза больше.

Расчетными исследованиями по оценке влияния подачи пара или воды в КС в экологических целях на теплотехнические характеристики ГТД мощностью около 20 МВт установлено следующее:

• подача пара в КС приводит к уменьшению расхода топлива, а подача воды — к его некоторому увеличению, при этом в обоих случаях мощность двигателя возрастает;

• при подаче пара в КС в количестве, равном 2% от расхода воздуха, и снижении выбросов NO_x с 6 до 3 г/(кВт·ч) (с 600—650 до 300—350 мг NO_x на 1 м^3 газа) мощность ГТД возрастет примерно на 10%, а КПД на 4% (рис. 1).

Вода в количестве 1,2% от расхода воздуха, что составит 50% от расхода топлива, может быть подана в реальный ГТД при сохранении существующей геометрии проточной части турбин с учетом возможных ограничений максимальных режимов по физическим частотам вращения турбокомпрессоров.

Расходы пара и топлива для опреснения необходимого в экологических целях количества морской воды определялись применительно к морскому ГТД, имеющему номинальную мощность $N_{ГТД}$ = 20 МВт, расход топлива $B_т$ = 4650 кг/ч, расход газов $G_г$ = 72 кг/с, температуру отработавших газов $t_{отр.г}$ = 470 °С [9].

В процессе исследования рассматривались два способа получения пресной воды из забортной для экологических целей: при помощи водоопреснительной установки и парового вспомогательного котла или водоопреснительной установки и парового утилизационного котла (УК).

На эксплуатирующихся кораблях и судах получение пресной воды из забортной для ЭУ и общекорабельных потребителей осуществляется в водоопреснительных установках (ВОУ) типа П3, греющей средой в которых служит пар, получаемый во вспомогательном котле.

Дополнительное количество пресной воды для нужд экологии может быть получено такими же установками, для чего на корабле (судне) необходимо установить вспомогательный котел (или увеличить производительность штатных котлов) и некоторое количество ВОУ. Для удобства обслуживания ЭУ и сокращения номенклатуры ЗИП дополнительно устанавливаемое оборудование должно быть однотипным с уже используемым. Такой способ получения пресной воды прост в реализации и может быть использован в ГТЭУ без теплоутилизационного контура (ТУК).

Существенное повышение экономичности судовой ГТЭУ (на 20—25%) достигается в случае применения ТУК с паровым утилизационным котлом. В качестве греющей среды для дополнительно устанав-

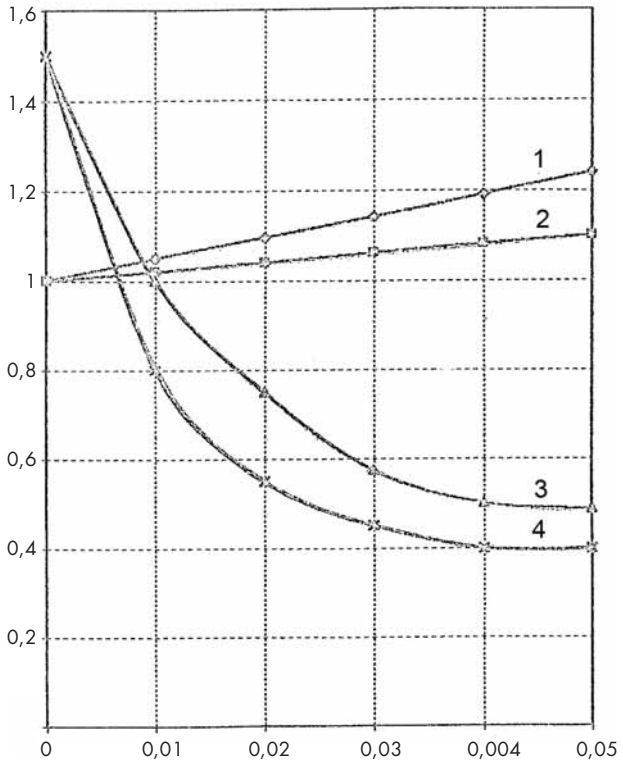


Рис. 1. **Изменение теплотехнических и экологических характеристик ГТД 3-го поколения при подачи пара (воды) в камеру сгорания:** *1* — мощность ГТД при подаче пара или воды в КС; *2* — КПД ГТД при подаче пара в КС; *3, 4* — содержание окислов азота при подаче пара или воды соответственно

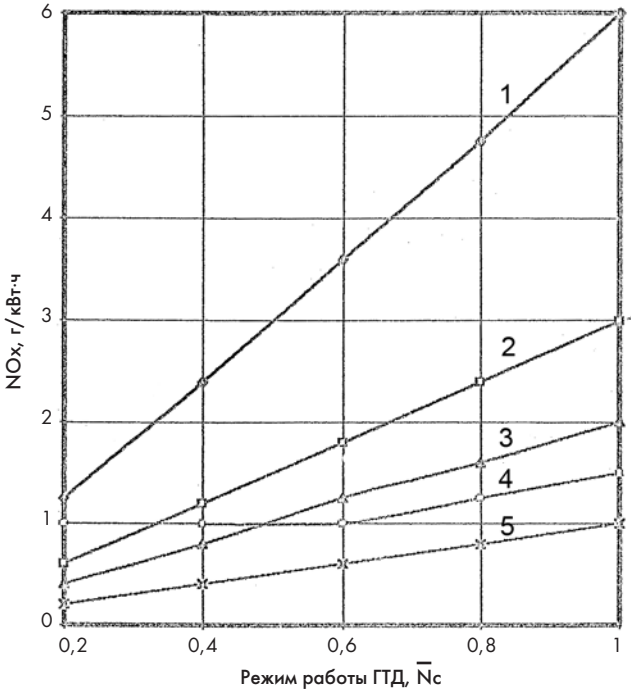


Рис. 2. **Рекомендуемые способы снижения содержания окислов азота NO_x в отработавших газах корабельных ГТД:** *1* — уровень NO_x без мероприятий по его снижению; *2* — «мокрый» способ с подачей воды (пара) в КС ; *3* — «сухой» способ с малотоксичной КС; *4* — норматив NO_x (проект); *5* — каталитическая система очистки отработавших газов

ливаемых ВОУ может быть использована часть пара из УК, в результате чего отпадает необходимость в дополнительном вспомогательном котле. Однако при этом несколько снижается эффективная мощность паровой турбины, а следовательно, эффективная мощность главного газотурбинного агрегата (ГГТА).

Применяемые на газотурбинных судах ВОУ типа ПЗ имеют производительность 25 т воды в сутки, расход греющего пара 1400 кг/ч и удельный расход пара g = 1,35 кг пара/кг воды. В расчете на один морской ГТД мощностью 20 МВт для снижения в 2 раза выбросов NO_x с отработавшими газами необходимо получить и подать в камеру сгорания $G_в$ = 2500 кг/ч пресной воды. Для опреснения такого количества воды потребуется греющего пара $G_{гр.п.} = gG_в$ = 3375 кг/ч.

В качестве вспомогательного может быть использован котел, применяемый на судах, который при номинальной паропроизводительности $G_{нп}$ = 12 т/ч имеет расход топлива $B_{нт}$ = 900 кг/ч. Для генерации 3375 кг/ч пара в этом котле требуется расход топлива $B_{т.вк} = G_{гр.п.}B_{нт}/G_{нп} \approx 250$ кг/ч.

Для работы ВОУ необходим пар низких параметров. Поэтому в случае применения в составе ГТЭУ парового ТУК в качестве греющего пара для ВОУ может быть использован пар, отбираемый при ходе судна из главного УК. Соответственно величине отбора пара происходит снижение эффективной мощности главной паровой турбины, а следовательно, эффективной мощности ГГТА, для компенсации которой требуется некоторое увеличение расхода топлива на ГТД.

Эффективность использования пара УК для опреснения забортной воды определялась по топливной составляющей. С этой целью были выполнены проработки ТУК для одного ГТД с начальными параметрами пара (давление/температура) p/t = 20 бар/380 °С.

В случае использования части пара УК для получения 2500 кг/ч воды в ВОУ типа ПЗ эффективная мощность паровой турбины по расчетам снижается с 5500 до 4800 кВт (на 700 кВт). Тогда для обеспечения первоначальной суммарной мощности агрегата (25,5 МВт) потребуется увеличение расхода топлива на ГТД с 4650 до 4810 кг/ч. Следовательно, при использовании пара от УК для работы ВОУ расход топлива составляет 160 кг/ч, что на 90 кг/ч меньше по сравнению с использованием греющего пара от вспомогательного котла.

На основании вышеизложенного рекомендации по снижению выбросов окислов азота с отработавшими газами морских ГТД можно свести к следующим (рис. 2):

• для существующих ГТД, установленных на эксплуатируемых кораблях и судах, целесообразно использовать «мокрый» способ снижения NO_x, для чего необходимо иметь на корабле небольшой запас пресной воды для впрыскивания в камеру сгорания, что обеспечит снижение выбросов NO_x примерно в 2 раза (до 2—3 г/(кВт·ч), или 170—250 мг/м^3);

• для проектируемых перспективных морских ГТД рекомендуется «сухой» способ снижения NO_x, т. е. создание специальных малотоксичных камер сгорания, позволяющих снизить выбросы NO_x в 3 раза и в более; дальнейшее совершенствование таких камер обеспечит выполнение предложенных требований по выбросам NO_x для кораблей с ГТЭУ(1—1,5г/(кВт·ч), или 80—120 мг/м^3);

• в более отдаленной перспективе, при условии создания более эффективных и малогабаритных систем очистки отработавших газов от NO_x, их также можно будет применять при плавании кораблей и судов в тех районах Мирового океана, где предъявляются особо жесткие требования к выбросам NO_x с отработавшими газами ГТЭУ (0,5—0,7 г/(кВт·ч), или 40—55 мг/м^3).

Литература

1. *Зимин В. П.* Пути повышения экологической чистоты корабельных газотурбинных двигателей//Тр. ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова. Перспективы развития и совершенствования судовых и корабельных энергетических установок. СПб., 2000.
2. ГОСТ 28775—90. Агрегаты газоперекачивающие с газотурбинным приводом. Общие технические требования.
3. ГОСТ 2938—92. Установки газотурбинные для привода турбогенераторов. Общие технические требования.
4. *Гартвиг В. В., Зимин В. П.* О нормировании выбросов окислов азота корабельными ГТД//Тр. Междунар. конф. по судостроению (ISC). Секция G. СПб., 1994.
5. *Зимин В. П., Панасюк Г. П.* Нормирование и пути снижения выбросов окислов азота газотурбинными двигателями//Тр. Междунар. конф. к 300-летию Российского флота. ВМФ и судостроение в современных условиях. Секция В. СПб., 1996.
6. *Лефевр А.* Процессы в камерах сгорания ГТД. М.: Мир, 1986.
7. *Саркисов А. А., Зимин В. П., Рудаков О. А., Сигалов Ю. В.* Принципы создания экологически чистых судовых газотурбинных двигателей//Тр. Междунар. конф. по судостроению (ISC). Секция G. СПб., 1994.
8. *Зимин В. П., Литаврин О. Г.* Реальные пути существенного повышения экономичности и экологической чистоты газотурбинных энергетических установок//Тр. Междунар. конф. «Polartech», 1996.
9. *Зимин В. П., Плискин Г. М.* Создание экологически чистых газотурбинных энергетических установок с подачей пресной воды в камеру сгорания ГТД//Тр. ЦНИИ им. акад. А.Н.Крылова. Перспективы развития и совершенствования судовых и корабельных энергетических установок. СПБ., 2000.

АЛГОРИТМЫ СГЛАЖИВАНИЯ ИНДИКАТОРНЫХ ДИАГРАММ

А. А. Обозов, канд. техн. наук (ЗАО УК «Брянский машиностроительный завод»)

УДК 621.436:629.5:681.518.54

При создании измерительных систем часто возникает необходимость выполнить оптимальное сглаживание экспериментальных данных. Решение данной задачи также актуально и для систем диагностики судовых малооборотных дизелей (МОД), которые регистрируют и анализируют индикаторный процесс в цилиндре. Использование в качестве чувствительного элемента, регистрирующего изменение давления в цилиндре дизеля, датчика тензометрического типа предъявляет определенные требования к каналу регистрации процесса (хорошая экранировка датчика и цепи «датчик—усилитель», использование во входных цепях усилителя электронных элементов с низким уровнем электрических шумов, применение мер для компенсации температурного дрейфа нуля датчика).

Однако, как показывает опыт, выполнение перечисленных мер не позволяет получить «идеальную» индикаторную диаграмму дизеля. Причиной этому служат высокочастотная вибрация индикаторного крана, на котором устанавливается датчик,

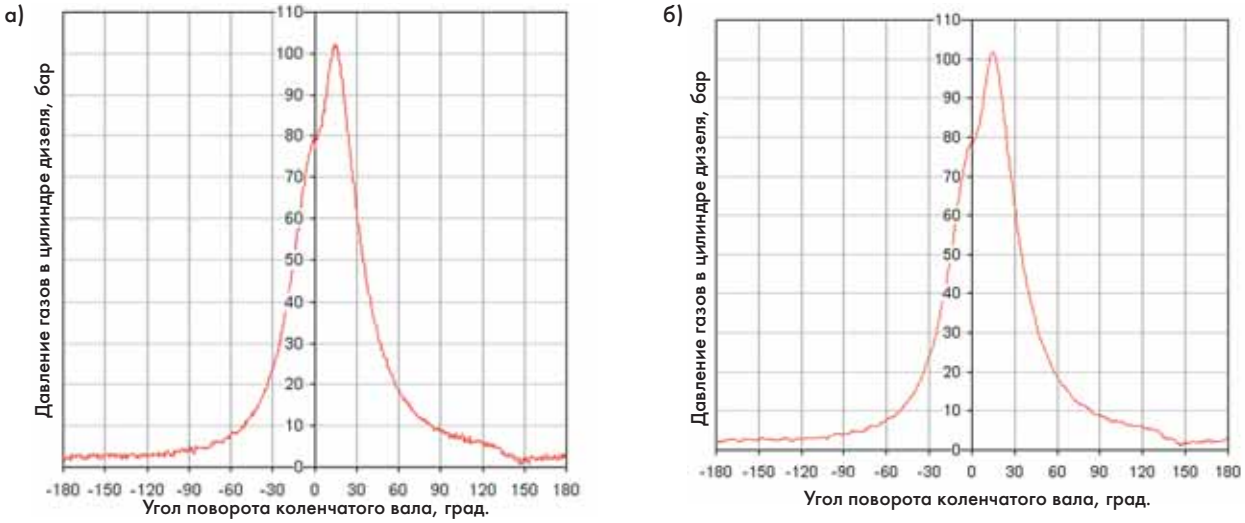


Рис. 1. **Вид зарегистрированных системой диагностики индикаторных процессов малооборотного дизеля: *а* — исходная запись; *б* — запись, обработанная при помощи алгоритма сглаживания**

и достаточно высокий уровень электрических помех, которые всегда присутствуют в машинном отделении судна.

Конечно, следовало бы уточнить, что такое «идеальная» индикаторная диаграмма. В качестве примера на рис. 1, *а* приведена запись индикаторного процесса, происходящего в цилиндре судового МОД. На первый взгляд, она достаточно качественно «прописывает процесс», и на основе ее анализа можно решать многие диагностические задачи (диаграмма имеет достаточно гладкий вид, четко обозначены характерные точки p_{max}, p_{comp}, диаграмму можно обработать и получить значение среднего индикаторного давления цикла и пр.). При внимательном рассмотрении можно заметить, что на характерных участках (открытия выпускного клапана и продувки — наполнения цилиндра) наблюдается шероховатость диаграммы, т. е. можно предположить, что на полезный сигнал, поступающий от датчика, накладывается высокочастотная помеха. При создании системы диагностики была поставлена задача сгладить данную высокочастотную помеху, но при этом не нанести вред полезной составляющей сигнала.

В качестве метода фильтрации помех был выбран метод скользящего сглаживания с использованием аппроксимирующего полинома второй степени. Суть метода состоит в том, что выбирается некоторая совокупность точек N локального участка диаграммы и по ним строится аппроксимация функцией второго порядка с использованием МНК-оценки. [1, 2]. Исходное значение ординаты y_i точ-

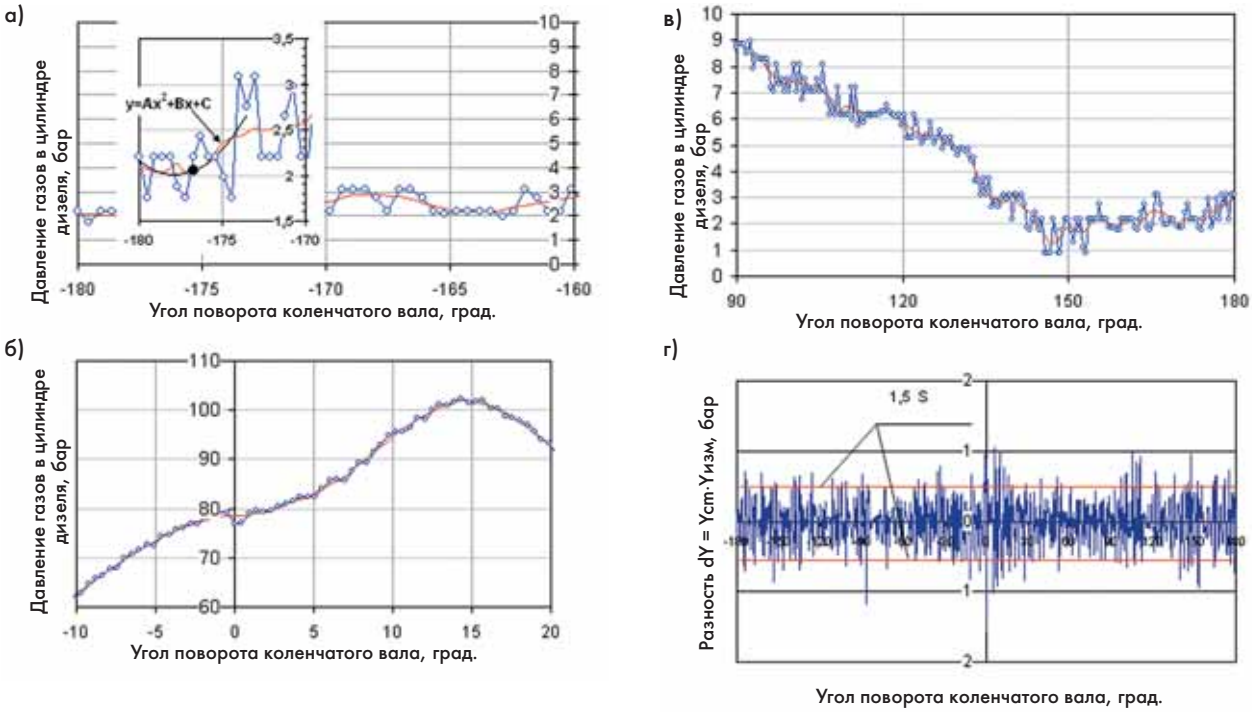


Рис. 2. **Результат сглаживания записи индикаторного процесса:**
а — процесс продувки (фрагмент –180 ... –160 град. п.к.в.); *б* — процесс в районе ВМТ (фрагмент –10 ... +30 град. п.к.в.); *в* — окончание расширения, выпуск и продувка—наполнение (фрагмент 90 ... 180 град. п.к.в.); *г* — оценка эффекта сглаживания процесса $y_{изм}$

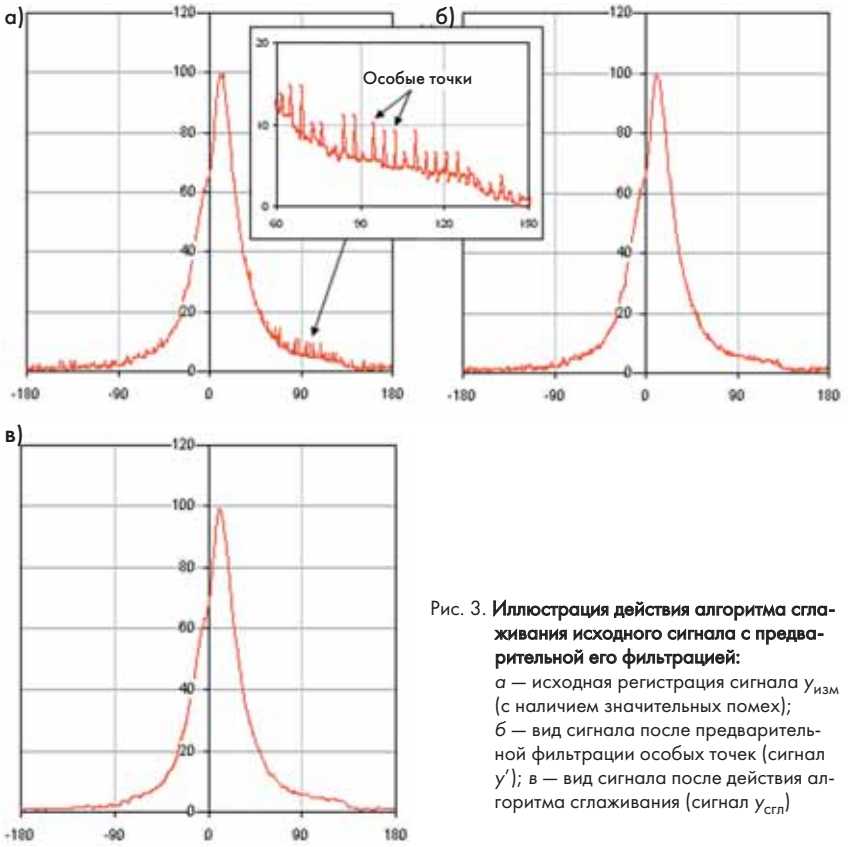


Рис. 3. **Иллюстрация действия алгоритма сглаживания исходного сигнала с предварительной его фильтрацией:**
а — исходная регистрация сигнала $y_{изм}$ (с наличием значительных помех);
б — вид сигнала после предварительной фильтрации особых точек (сигнал *y'*); *в* — вид сигнала после действия алгоритма сглаживания (сигнал $y_{сгл}$)

ки, лежащей в центре выбранной локальной области, заменяется на откорректированное, определенное как $y_i = Ax_i^2 + Bx_i + C$ (где x_i — значение абсциссы для *i*-й точки; *A*, *B*, *C* — коэффициенты полинома, полученного МНК-оценкой). Описанный выше метод сглаживания достаточно наглядно проиллюстрирован на рис. 2. Метод называется «скользящим», так как процедура повторяется последовательно для *i*, *i*+1, *i*+2,..., *i*+*n* точек. Возникает задача выбора оптимального по величине интервала, на основе анализа которого проводится коррекция центральной точки. Решение данной задачи не может быть полностью формализовано и в каждом отдельном случае подбирается опытным путем. Если выбрать анализируемый интервал маленьким, то в результате сглаживания исходной кривой не получится, т.е. новая кривая повторит исходные погрешности записи процесса. Если же интервал будет слишком большим, то эффект от сглаживания станет чрезмерным и потеряется присущая процессу полезная информация (высокочастотные составляющие процесса). В этом случае у индикаторного процесса сглаженная кривая покажет меньший уровень p_{max}, не покажет излома кривой в районе p_{comp}, даст искаженную картину процесса выпуска газов из цилиндра и т. п.

Методом подбора установлено, что наиболее приемлемые результаты получаются, если диапазон аппроксимации составляет 6—8 град. п.к.в. (поворота коленчатого вала). Интервал, с которым разработанная система диагностики выполняет замеры, составляет приблизительно 0,4 град. п.к.в., и это приводит к тому, что в выбранный диапазон попадает 15—20 точек (окончательно для сглаживания индикаторного процесса МОД было выбрано 15 точек с коррекцией 8-й точки). На рис. 1 и 2 показан результат сглаживания индикаторного процесса. Оценить эффект от сглаживания исходной записи можно, вычислив стандартное отклонение величины $y_{изм}$ от $y_{сгл}$ (см. рис. 2, *г*). Для приведенного примера стандартное отклонение $S(dy) = 0,34$ бар, а это означает, что практически все полученные значения dy попадают в интервал, равный +/-0,51 бар (1,5 S — полуторасигмовый интервал нормального распределения), т. е. коррекция $y_{изм}$ осуществляется, как правило, на величину, не превышающую 0,51 бар. Тем не менее при рассмотрении рис. 2, *г* мы видим, что существует ряд точек, для которых модуль отклонения $|dy| > 0,51$ бар. Эти точки можно назвать «особыми», так как их отклонение от кривой, получаемой в результате сглаживания, не подчиняется общим правилам, свойственным основной массе точек. Появление таких особых точек может быть вызвано помехами иного характера (включение—выключение электроагрегатов и пр.). Такие точки желательно исключить из рассмотрения (отфильтровать).

Рассмотрим предлагаемый для этой цели алгоритм. На рис. 3, *а* приведен зарегистрированный индикаторный процесс, полученный на борту судна при помощи не вполне исправной системы диагностики. Неисправность заключалась в выходе из строя фильтрующих элементов блока питания, что приводило к появлению помех в сигнале. Как видно из рисунка, исходный зарегистрированный сигнал в результате неисправности системы содержит множество особых точек, о которых шла речь выше. Обработку такого сигнала следует осуществлять в два этапа.

На первом этапе с использованием метода скользящего нелинейного сглаживания для всех зарегистрированных точек находятся сглаженные точки ($y_{изм} \rightarrow y_{сгл}$). Далее определяется значение стандартного отклонения $S(dy)$, где $dy = y_{сгл} - y_{изм}$, и выполняется поиск особых точек, для которых модуль $|dy| > 1,5S$. Обнаруженные в исходном ряду точек $y_{изм}$ особые точки заменяются на точки, полученные в процессе сглаживания. Этот этап обработки сигнала можно назвать этапом предварительной фильтрации особых точек, и в результате образуется сигнал y' (см. рис. 3, *б*). Как видно из рисунка, полученный процесс не имеет тех «выбросов», которые наблюдались до фильтрации.

Вторым и заключительным этапом обработки сигнала является ранее рассмотренная процедура сглаживания, но уже примененная к сигналу y'. В результате получаем сглаженный сигнал $y_{сгл}$ (см. рис. 3, *в*), который имеет вполне удовлетворительный вид. Конечно, мы рассмотрели экстремальный пример, когда к помощи алгоритма фильтрации пришлось обратиться вследствие неисправности самой системы диагностики. Более корректно было бы устранить неисправность системы и только

после этого заниматься регистрацией индикаторного процесса двигателя, однако наличие записи «испорченного» сигнала позволило более наглядно проиллюстрировать действенность приведенных алгоритмов.

В разработанной системе диагностики алгоритмы цифровой фильтрации и сглаживания включаются как опции (могут быть оперативно выключены), используются редко и, как правило, в тех случаях, когда требуется более детальное изучение характерных локальных участков индикаторной диаграммы. При обработке записи процесса очень важно соблюдать последовательность: сначала выполняется фильтрация особых точек и только после этого скользящее нелинейное сглаживание. Нарушение очередности этих этапов обработки информации может привести к значительному искажению конечного результата. После первого этапа в этом случае будет получена искаженная запись процесса (искажения внесутся особыми точками, присущими исходному сигналу). На втором этапе (фильтрация особых точек) особые точки не будут обнаружены. Таким образом, конечный результат обработки записи будет нести ложную информацию о процессе.

Выводы. Разработаны алгоритмы цифровой фильтрации и сглаживания, которые могут использоваться при обработке записей индикаторного процесса в системах функциональной диагностики судовых МОД. На конкретных примерах исследовано поведение данных алгоритмов. Выбраны их оптимальные параметры. Алгоритмы включены составной частью в алгоритмическое обеспечение системы диагностики, которая в течение ряда лет используется автором при обследований судовых малооборотных дизелей.

Литература

1. *Калиткин Н. Н.* Численные методы. М.: Наука, 1978.
2. *Данилина Н. И., Дубровская Н. С. и др.* Численные методы. Учебник для техникумов. М.: Высшая школа, 1976.

ABSTRACTS

Zhivotovsky G. A., Rodionov A. A. Multi-criteria design of hydrofoil ship's foil complex with compound design variables.
The design features of hydrofoil ship's foil complex in the presence of two criteria and compound design variables are considered. The problem is broken by design characteristic into design problems of bow and rear foils. In addition, decomposition by type of design variables is carried out. The results of optimization of the Cometa-type hydrofoil ship's foil complex have been presented.

Matlakh A. P. Research of ship structural strength in hull and ice interaction
The results of investigation of ship structures behavior and responses when floating in the ice are given taking into account the real conditions of hull and ice interaction. The advisability in designing the hull structures of application of real conditions ice loading data obtained from the ship control systems are shown, the mathematical models of defining the ice loads based on the structures deflected mode and methods of defining the rational coordinates of sensors installation for measurements and recording of ice load on the side bulkheads of ice tank have been developed.

Yarisov V. V. Formal safety estimation in calculating the ship stability under operation conditions as being dangerous from the turnover point of view.
The advantages of stochastic criteria of ship stability allowing one to increase the ship safe operation under various conditions and in different load states have been analyzed.

Kotov M. V. Projects of missile rearmament of destroyers
Consideration of projects offered in the mid 30-ies of the last century for rearmament of destroyer pr. 30 with missile weapons as the KSSCH and SKS complexes is provided. The causes for rejection of the said rearmament are stated.

Grygoriev A. V., Lyapidov K. S., Makarov L. S. Unified hydrographic ship's electric power plant based on the alternating current motion system
The major design phases of the first in the domestic shipbuilding unified hydrographic ship's electric power plant on the basis of alternating current are provided.

Zimin V. P. Rate fixing and methods of ensuring the environmentally safe nitrogen oxides content of exhausted gases from marine gas turbine engines
Problems of rate fixing and reducing the nitrogen oxide content of exhaust gases from marine gas turbine engines (GTE), as well as the ways of fresh water obtaining for ecological purposes onboard the ships and naval vessels are considered.

Obosov A.A. Smoothing algorithms of indicator diagrams
A detail description is given for developed digital filtration and smoothing algorithm, which can be used in functional diagnostics systems for marine slow-running diesel engines.

Berestovitsky E. G., Obukhovsky S. A. Problems of constructing the modern specialized stand for vibroacoustic tests of control systems and devices
The problems arising in the construction of experimental stand basis for vibroacoustic control systems and devices testing and methods of their solution have been analyzed. The results of theoretical and experimental studies of various means efficiency in reduction of self-vibroacoustic stand interference and methods of their solution are provided.

Larionova D. G. Device for landing of the airplane-type PV on small tonnage vessel
Based on comparative analysis of adaptability of various pilotless vehicle (PV) types for small tonnage ecological monitoring and protection ships a conclusion is drawn in favor of the airplane-type PV. An advanced landing technique is proposed. The landing device and structure of landing information system is described.

Goltraf V. I. Application of basic technical solutions in the process of automation of advanced ships
The actual trends in development of complex ship hardware control systems making an impact on technical and economic indices of these automation systems have been considered. The basic technical solutions have been analyzed. Application of proposed in the article technical solutions will permit to obtain essential effect in terms of reducing the mass-dimensional and cost indices.

Kiryukhin D.V., Mysnik V.G. An experience in leasing application for renewal of fishing fleet in the Far East region
An experience in leasing application for renewal of fishing fleet in the Far East region of Russia, problems and ways of their solution have been studied.

Gerasimov N. I., Iva A. A. Technology for mounting of heavy-loaded welded elements for attachment of assembly-mounting units
Problems of butt welding of attachment points being under condition of influence of compression and tensile forces, as well as the weld defects arising in this case are considered. Technological versions of the present welding methods of high-strength butts and their disadvantages have been described. A fresh method of mounting of loaded supports for assembly-mounting units with the use of compression and tensile unloading and weld deformation tracing systems is proposed.

Lukyanov N. P. Hydroacoustic system's dome of composite polymeric material
The author relates the CRIST's activity in constructing the composite polymeric material which is a glass-reinforced plastic for its utilization in shipbuilding for submarine hydroacoustic system domes, in particular.

Muru G. N., Rudakov A. V., Trubitsin V. S., Starodubov V.N. Maintainability arrangement at the initial ship life cycle stages
An experience of FSUE "51 TSKTIS", MOD of RF, in solution of problem with the aid of 3-D model of increase in maintainability of ship equipment at the initial stage of the ship life cycle; in selection of anthropometric characteristics for analyses of maintenance zones, which is a product-quality index, has been studied.

Platonov A. V. Experimental destroyer Opytniy
A history of constructing the experimental destroyer Opytniy with straight-through steam boilers of Professor Ramsin's system as part of the main power plant has been considered. A course of tests of the ship and its participation in operations during the Great Patriotic War are traced

Chernikov I. I. Monitors Azov and Mariupol
A fortune of river monitors Azov and Mariupol as part of the Dual Monarchy and Romanian Fleet in Danube and at the final stage of the Great Patriotic War included in the of Soviet Danube Fleet has been traced.

ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ СОВРЕМЕННОГО СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО СТЕНДА ДЛЯ ВИБРОАКУСТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ ПРИБОРОВ И СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Э. Г. Берестовицкий, канд. техн. наук, **С. А. Обуховский**
(ФГУП «НПО "АВРОРА"»)

УДК 620.179.17:629.5

Концепция создания специализированного стенда. Одной из важнейших проблем современного кораблестроения является повышение скрытности подводных лодок и улучшение условий обитаемости на кораблях и судах всех типов путем улучшения виброакустических характеристик (ВАХ) поставляемого на них оборудования. В ее решении центральное место занимает создание экспериментальной стендовой базы по отработке ВАХ.

Сложность задачи создания испытательного стенда обусловлена следующими факторами:

✓ требования по ВАХ, предъявляемые к стенду, в 2—3 раза (6—10 дБ) жестче, чем для испытываемых приборов, а стендовое малошумное комплектующее оборудование практически не выпускается отечественной промышленностью. Поэтому при создании стенда применялась методика экспериментально-исследовательской доводки ВАХ вспомогательных установок и испытательных участков, входящих в состав стенда;

✓ необходимо обеспечивать жесткие требования по точности задания и поддержания параметров рабочих режимов стенда. Для испытательного стенда приборов гидроавтоматики — это давление рабочей жидкости, перепад давления на приборе, расходная характеристика;

✓ большой объем испытаний, сложность и трудоемкость математической обработки требуют комплексной автоматизации процессов измерения, обработки и документирования результатов стендовых испытаний.

Концепция универсализации стендовой базы предусматривает, наряду с традиционными задачами отработки ВАХ, возможность комплексных испытании функционирования приборов в составе систем управления техническими средствами (СУТС) с имитацией реальных нагрузок.

Таким образом, при создании испытательной стендовой базы необходимо решение ряда теоретических и инженерно-практических задач: снижение уровня собственных помех испытательных участков и стенда в целом; определение оптимального состава стендового оборудования; разработка, изготовление и монтаж новых средств виброшумогашения, рациональное применение известных методов и средств улучшения ВАХ стенда; комплексная автоматизация процессов установки и поддержания режимов испытаний, измерение параметров ВАХ, их обработка, документирование.

Созданная в НПО «Аврора» стендовая база (рис. 1) позволяет решить комплекс перечисленных задач. Она включает в себя: участки испытаний ВАХ электрогидравлических приборов систем управления пароэнергетическими установками (рабочая среда—вода), систем управления движением (рабочая среда—минеральные масла), ВАХ электронных приборов систем управления, а также участки комплексных испытаний на функционирование приборов в составе систем управления пароэнергетических установок и систем управления движением (один из измерительных участков представлен на рис. 2).

Испытательные режимы создаются при помощи двух насосных станций (рабочие среды — вода, масло), оборудованных различными по подаче электронасосами. Подача рабочих сред на испытательные участки осуществляется по разветвленной сети трубопроводов и коллекторов с регулирующей арматурой, поэтому при выборе методов оптимизации ВАХ стенда использовался анализ элементов структуры стенда как акустических и гидравлических сопротивлений.

Методы расчета и экспериментальная отработка средств достижения требований ВАХ стенда. При создании стендов с разветвленной системой трубопроводных магистралей наиболее важно снижение уровней вибрации и шума, передаваемых от источников по трубопроводам.

Потери колебательной энергии от источника по длине трубопровода определяются в соответствии с выражением [1]

$$\Delta L = L_н - \sum_{i=1}^{n} \Delta L_{оп}^{i} ,$$

где $L_н$ — уровень вибрации источника; ΔL_i — затухание вибрации на j-м участке трубопровода; $\Delta L_{оп}$ — перепад уровней вибрации на

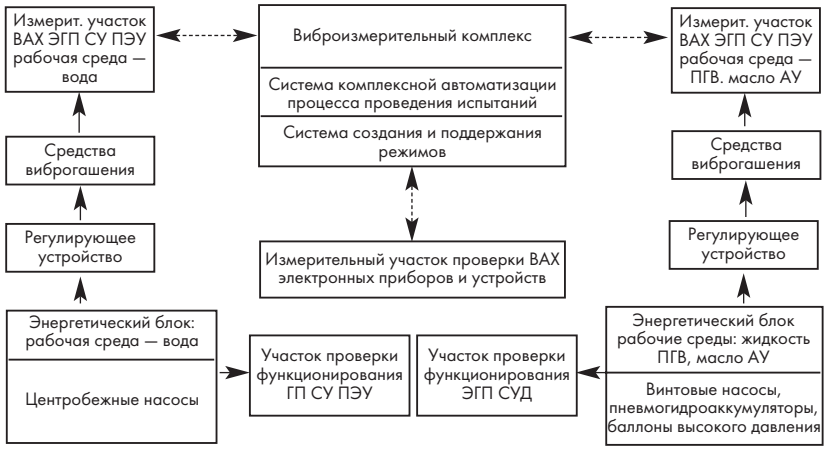


Рис. 1. **Структурная схема стенда для гидравлических виброакустических испытаний приборов СУТС:**
- - - - - — электрические связи; ——— — стендовые трубопроводы

амортизации *j*-й опоры трубопровода.

Затухание вибрации на каком-либо *j*-м участке трубопровода происходит по формуле

$$\Delta L_i = \frac{\pi \eta l_i \omega^{1/2}}{\sqrt[4]{(D_i^2 + 2H_i^2 - 2D_i H_i)\dfrac{E}{2\rho_i}}},$$

где D_i — наружный диаметр трубопровода; H_i — толщина стенки трубопровода; ρ_i — плотность материала трубопровода; l_i — длина *j*-го участка трубопровода; η — коэффициент потерь, учитывающий наличие рабочей среды.

Перепад уровней вибрации на амортизации *j*-й опоры рассчитывается как

$$\Delta L_{оп}^i = 20 \lg \left| \frac{Z_{11}^i + Z_{22}^i}{Z_{21}^i} \right|,$$

где Z_{11}^i — входное сопротивление упругого элемента *j*-й опоры; Z_{22}^i — выходное сопротивление упругого элемента *j*-й опоры; Z_{21}^i — переходное сопротивление элемента *j*-й опоры.

Поскольку упругий элемент однороден, его входное и выходное сопротивления равны.

Полученные аналитические выражения позволили определить падение уровня вибрации для трубопроводов различных диаметров и построить графически зависимость $\Delta L = F(1/\sqrt{D})$. По графикам на рис. 3 можно определять соотношения длины и диаметра трубопроводов, обеспечивающие минимальные уровни вибрации, передаваемой по трубопроводам.

Исследования показали, что основными источниками вибрации стенда являются насосы (на низких и средних частотах) и регулирующая арматура (клапаны напора и слива), генерирующие гидродинамические пульсации потока рабочей жидкости. Для систем трубопроводов с электронасосами характерно распространение низкочастотных структурных колебаний по стенкам труб, а высокочастотных пульсаций — по жидкостному тракту (они проявляются в виде гидродинамического шума).

Наиболее доступный и эффективный способ снижения низкочастотных вибраций — использование виброзадерживающих масс (ВЗМ). Если представить ВЗМ в виде массива, охватывающего трубопровод со всех сторон, и «разрезать» его вместе с трубопроводом по образующей, то полученную конструкцию, согласно работе [2], можно считать пластиной с некоторой толщиной *h*, длиной *a* и высотой *b*. Тогда виброизоляция (ВИ) поля изгибных колебаний ВЗМ, установленной на пластине, может быть представлена уравнением

$$ВИ = 10 \lg \left\{ \frac{m_{пл}}{m_м K_{ипл}} \cdot \left[K_{им} + \frac{K_{км}(1 + K_{ипл} a/2)}{K_{ипл}(5/12) b^2} \right] \right\},$$

где $m_{пл}$ — масса пластины; $m_м$ — ВЗМ; $K_{им}$ — волновое число изгибных колебаний ВЗМ; $K_{ипл}$ — волновое число изгибных колебаний пластины; $K_{км}$ — волновое число крутильных колебаний ВЗМ; *a* — длина ВЗМ.

Эффективность применения железобетонной ВЗМ с хомутовым креплением стального трубопровода диаметром 0,15 м, заполненного водой под давлением 5 МПа, объемным расходом 100 м^3/ч иллюстрирует рис. 4.

Для снижения высокочастотных пульсаций в потоке рабочей жидкости, генерирующих высокочастот-

Рис. 2. **Измерительный участок стенда (рабочая среда — вода)**

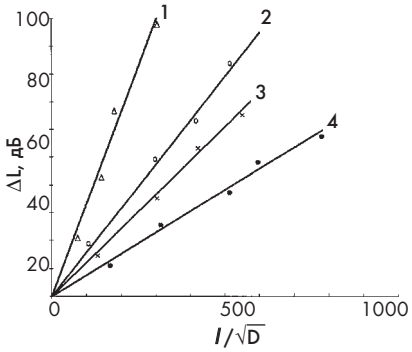


Рис. 3. **Падение уровня вибрации по длине трубопровода, в зависимости от его конструктивных размеров, на частотах:**
1– 10 000 Гц; *2* — 1000 Гц; 3 — 315 Гц; *4* — 50 Гц;
——— — расчетные значения;
Δ, о, х, • — экспериментальные значения

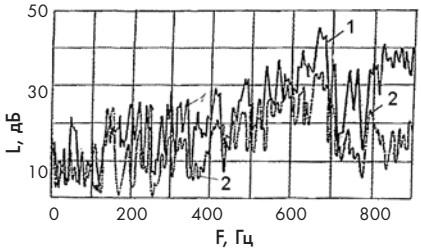


Рис. 4. **Узкополосные спектры вибрации трубопровода диаметром 0,15 м без ВЗМ (*1*) и с ВЗМ (*2*) размерами *a* = 1,2 м, *b* = 1,4 м, *h* = 1,0 м**

ные вибрации трубопровода, весьма эффективно использование гибких развязок, которые представляют собой коллекторы, соединенные между собой гибкими шлангами с проходным (суммарным) сечением, большим или равным проходному сечению трубопровода.

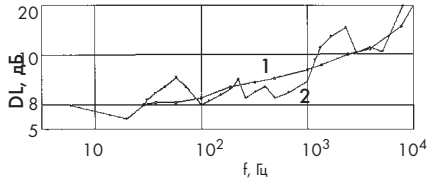


Рис. 5. **Эффективность гибкой развязки на рабочем режиме: расчетный (*1*) и экспериментальный (*2*) перепад вибрации**

Известно [3], что акустическая мощность, излучаемая источником, пропорциональна квадрату расхода, т. е. Q^2, или проходному сечению. Если источник имеет *n* проходных каналов с суммарным сечением *S*, то акустическая мощность одного канала $N_n \approx (S/n)^2$, а суммарная мощность *n* каналов $N \approx nN_n \approx 1/n$ и $N_n \approx S^2/n$. Таким образом, наличие *n* трубопроводов вместо одного большей площади, уменьшает излучаемую энергию пропорционально $1/n$.

Рис. 6. **Вид блока поддержания бескавитационного перепада давления, установленного на одном из трубопроводов**

Общую энергию, приходящуюся на единицу длины трубопровода с жидкостью, можно записать в виде

$$N = \pi R^2 \rho V_0^2,$$

где *R* — радиус трубопровода; V_0 — скорость течения жидкости; ρ — плотность жидкости.

Мощность потерь для плоской волны с учетом формулы Кирхгофа имеет вид

$$N_\nu = \frac{dW}{dt} = \frac{V_0^2}{R}\sqrt{\frac{2\omega\mu_1}{\rho}}\,W,$$

где μ — коэффициент трения; ω — круговая частота.

Заменив один трубопровод на *n* трубопроводов с равной суммарной площадью сечения и введя коэффициент *m*, учитывающий снижение уровня вибрации, передаваемой по трубопроводу, получим падение уровня вибрации на развязке

$$\Delta L_p = \frac{mV_0^2}{cR}\sqrt{\frac{\omega\mu_1 n}{2\rho}}.$$

Результаты расчета и экспериментальные данные для гибкой развязки из 40 шлангов с радиусом *R* = 0,01 м, скоростью потока V_0= 2 м/с, *m* = 5 и подводящим трубопроводом диаметром 0,2 м с объемным расходом жидкости (воды) 250 $м^3$/ч приведены на рис. 5, где четко видна эффективность на средних и высоких частотах.

При создании и модернизации стенда выполнен комплекс теоретических и экспериментальных исследований, позволивший разработать метод снижения уровня собственных помех стенда за счет целенаправленного применения известных и новых (применительно к установкам для проверки ВАХ электрогидравлических приборов) средств виброгашения. Определен частотный диапазон применимости различных средств виброгашения и получены аналитические выражения для расчета их эффективности и оптимальных конструктивных параметров.

Снижение уровня помех, передаваемых от регулирующих органов на измерительные участки стенда, достигается благодаря бескавитационному перепаду давления на его регулирующих органах, обеспечиваемому с помощью блока, установленного на трубопроводе (рис. 6).

Результаты реализаций мероприятий по снижению уровня собственных помех стенда в период с 1983 по 2005 г. приведены на рис. 7.

Заключение. 1. ФГУП НПО «Аврора» создан и запущен в эксплуатацию уникальный стенд для исследований, испытаний и контроля спе-

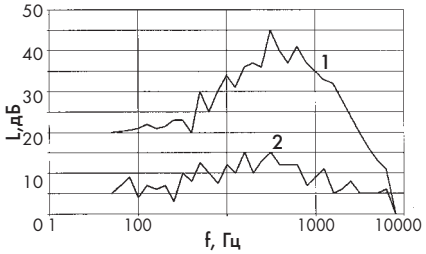


Рис. 7. **Снижение уровня собственных помех стенда в период с 1983 г. (1) по 2005 г. (2)**

цификационных и виброакустических характеристик приборов и арматуры, который не имеет аналогов ни в России, ни за рубежом.

2. Созданный стенд позволяет обеспечить своевременную поставку систем управления заводам — строителям кораблей и судов с существенным сокращением процессов наладки их в период швартовных и ходовых испытаний.

3. Разработанные методики расчета дают возможность по заданным гидравлическим и виброакустическим параметрам стенда определять его конструктивные характеристики и могут быть использованы при проектировании, изготовлении и модернизации испытательных стендов по проверке ВАХ судового оборудования.

Литература

1. *Самарин А. А.* Вибрация трубопроводов энергетических установок и методы их устранения. М.: Энергия, 1979.
2. Справочник по судовой акустике под редакцией *Клюкина И. И. и Боголепова И. И.* Л.: Судостроение, 1978.
3. *Скучек Е.* Основы акустики. Т. I, II. Л.—М., 1980.

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОСАДКИ БПЛА САМОЛЕТНОГО ТИПА НА СУДНО МАЛОГО ВОДОИЗМЕЩЕНИЯ

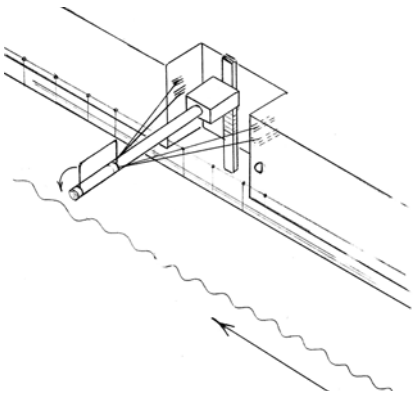
Д. Г. Ларионова (ООО «Три Троникс Технолоджи»)

УДК 629.7.087

Сегодня беспилотные летательные аппараты «мини»- и «миди»-класса представлены достаточно широко. Их разработка и производство под силу многим странам, поскольку требуют сравнительно небольших финансовых затрат.

В числе наиболее перспективных, с точки зрения целесообразности применения комплексов беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) гражданского назначения, рассматривалась задача ведения длительного наблюдения (мониторинга) с помощью бортовых средств поиска и обнаружения за состоянием морских акваторий и прилегающих к ним районов с передачей в реальном масштабе времени необходимого объема информации на наземные пункты управления, а также на различные транспортные средства (самолеты, суда, автомашины и т. д). Применение для этих целей БПЛА может существенно уменьшить стоимость решения данной задачи по сравнению с пилотируемыми летательными аппаратами самолетного и вертолетного типа.

Преимущество БПЛА самолетного типа по сравнению с вертолетным (тип двигателя, запас топлива, полезная нагрузка) заключается в дальности, продолжительности и высоте полета. Однако возможность размещения и применения многоцелевых комплексов БПЛА самолетного типа невертикального взлета и посадки на судах малого и среднего водоизмещения может быть осуществлена только после решения проблемы обеспечения их безопасной посадки. Поэтому разработчикам судна необходимо найти проектное решение, обеспечивающее возможность размещения на судне требуемых средств посадки и в первую очередь взлетно-посадочной полосы, на которую непосредственно осуществляется посадка с последующим пробегом и торможением. В большинстве случаев это связано с необходимостью значительного изменения внешней архитектуры судна (изменение положения надстроек, навигационного оборудования, средств погрузки и т. д.), что не всегда приемлемо, так как может привести к существенным изменениям некоторых эксплуатационных и технических характеристик судна. Поэтому необходим поиск иных способов с применением специальных средств (подвижных или неподвижных сетей, тросов и т. д), отработка методов посадки БПЛА на судно в сложных гидрометеорологических и эксплуатационных условиях (отсутствие соответствующей площадки, значительные угловые и линейные перемещения судна в результате воздействия качки, ветровые нагрузки и т. д.). Кроме того, наиважнейшим является обеспечение безопасности эксплуатации БПЛА.



Посадочное устройство

В результате анализа существующих систем посадки был выявлен ряд недостатков: значительный уровень технического риска (вероятность повреждения оборудования и конструкций судна) из-за расположения посадочного устройства в непосредственной близости от элементов конструкции судна; большое количество дополнительного оборудования для точного наведения БПЛА; необходимость изменений в конструкции судна; высокая квалификация обслуживающего персонала. Так как самая дорогая часть современных БПЛА — целевая аппаратура, то предпочтения отдаются «сухим» методам посадки «по-самолетному» принципу.

Несмотря на то, что БПЛА «короткого взлета и посадки» рассчитаны, как правило, на 30–50 полетов, реально они выдерживают до 10, так как традиционное применение в качестве средств посадки парашюта или сети ненадежно и небезопасно для БПЛА.

С целью устранения указанных выше недостатков, а также снижения уровня технического риска автором предлагаются посадочное устройство и схема посадки нового типа. Посадочное устройство может быть реализовано следующим образом. На судовое устройство жизнеобес-

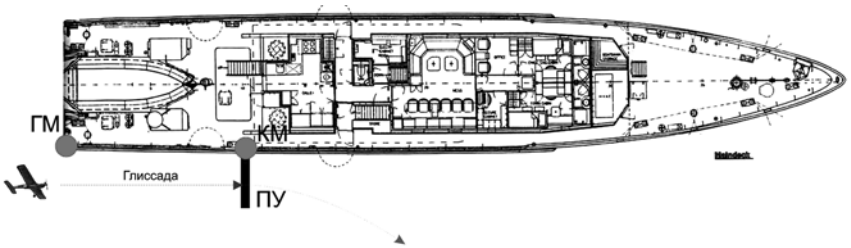


Схема расположения посадочного оборудования

печения или другое устройство с аналогичными характеристиками устанавливается балка, закрепленная страховочными стропами таким образом, что основная часть балки располагается за бортом судна. К концу балки крепится подвижный замок, расположенный вертикально относительно палубы. При подлете к посадочному устройству из БПЛА автоматически выбрасывается трос, который с помощью специального карабина зацепляется за подвижный замок. После зацепления тросом посадочного замка происходит автоматическое выключение двигателя.

Для безопасной посадки необходимо учитывать ограничения по максимально допустимой посадочной скорости, углу наклона посадочной глиссады, а также внешние воздействия (качка судна, ветер). После зацеплениия БПЛА начинает вращаться на посадочном тросе за бортом судна. Длина троса выбирается с учетом габаритов БПЛА, чтобы не повредить конструкции как самого БПЛА, так и борта судна. После остановки вращения БПЛА транспортируется на борт судна. Местоположение посадочного устройства выбирается с учетом особенностей конструкции судна.

Для обеспечения точности выведения БПЛА в точку посадки в систему посадки вводятся основные и резервные маяки. Для определения координат местоположения БПЛА относительно посадочного устройства достаточно двух маяков, один из которых, глиссадный, установлен на корме судна (ГМ), а второй, курсовой (КМ), — в зоне посадочного устройства. При расположении посадочного устройства вдоль борта корабля линия ГМ—КМ должна быть параллельна линии посадочной глиссады, расстояние между ними может корректироваться и вводиться в полетное задание перед стартом БПЛА. Повышение уровня надежности функционирования системы обеспечивается способом резервирования оборудования. Расстояние между маяками определяется расположением посадочного устройства и условиями обеспечения надежности системы посадки. Оно должно быть точно измерено и введено перед полетом в вычислительную систему бортового оборудования. В темное время суток на линии ГМ и КМ устанавливается дополнительное освещение для визуального контроля за посадкой, а в корабельное оборудование — сигнальные огни в составе системы светотехнического обеспечения. Курсовой и глиссадный маяки необходимо располагать в секторе возможного подлета БПЛА без затенения надстройками корабля для сохранения устойчивой связи.

Расположение судовой аппаратуры системы выбирается с учетом положения навигационного и посадочного комплекса судна.

Контроль за посадкой в автоматическом режиме производится при визуальном наблюдении БПЛА на этапе его подхода к судну; выдача корректирующих команд и получение видеоинформации с борта БПЛА — по линии связи с помощью выносного пульта управления в виде портативного компьютера, соединенного с локальной корабельной сетью беспроводным каналом связи. На монитор компьютера выводятся цифробуквенная информация о наиболее важных параметрах полета, предупреждающие сообщения, рекомендации и корректирующие команды, а также графическое отображение перемещения БПЛА. Кроме информации, автоматически отображаемой на мониторе в ходе посадки, оператор имеет возможность вызывать дополнительные данные, относящиеся непосредственно к поведению БПЛА, техническому состоянию корабельной и бортовой аппаратуры.

В качестве канала связи БПЛА — судно базирования может быть применена система RadioEthernet с использованием стандартного протокола TCP/IP.

Таким образом, предлагаемое устройство способно обеспечить продление срока службы БПЛА на судах гражданского назначения малого и среднего водоизмещения.

Литература

Заугольнов Ю. Б. Оптимальные системы автоматического управления и радиоавтоматики при обобщенной информации. М.: Радио и связь, 2000.

Ларионова Д. Г. Сравнительный анализ способов и устройств посадки БПЛА на палубу неавианесущего судна//Вопросы проектирования систем управления беспилотными летательными аппаратами для экологического мониторинга. Под научн. ред. д. т. н. проф. С. Н. Шарова. БГТУ, 2003.

Патент РФ #2086471 Приоритет от 1994.11.24. Система посадки самолетов/Авт. *Е. Г. Алексеев, Р. И. Банкгальтер, Л. Е. Николаев, В. И. Семенов, И. М. Фроимсон.*

Блиц-новости

✓ После 17-летнего перерыва вновь оказалась востребована в ОАО «Славянский СРЗ» технология нанесения ледостойкой краски «Инерта-160». Этой уникальной двухкомпонентной краской с помощью установки «Гидрокет» была окрашена подводная часть корпуса ледокола «Красин».

✓ В июне на территории ОАО СЗ «Лотос» начал работу сервисный металлоцентр компании RM-Steel, рассчитанный (после ввода в строй всего оборудования) на обработку 30 000 т листового и профильного проката в год. Он будет обслуживать машиностроительные и судостроительные предприятия Нижней Волги, Каспия и Азово-Черноморского региона.

✓ В начале июня завершилась операция по погрузке на норвежское судно «Eide Trarsporter» и отправке к месту базирования двух дизель-электрических подводных лодок, построенных ФГУП ПО «Севмаш» по контракту с ФГУП «Рособоронэкспорт». Лодки планировалось отправить еще 25 декабря 2005 г., но по объективным причинам транспортное средство пришло только в середине января в период сильных морозов, из-за чего операцию пришлось отложить. Поэтому перед отправкой организовали приемопередаточные испытания, чтобы заказчик убедился в хорошем хранении техники.

✓ В июне ОАО «Балтийский завод» завершил изготовление трехсекционной аппарели длиной 45 м, шириной 25 м и массой более 600 т для порта Усть-Луга по заказу ФГУП «Росморпорт».

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БАЗОВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ АВТОМАТИЗАЦИИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ КОРАБЛЕЙ

В. И. Гольтраф, докт. техн. наук (ФГУП «НПО "АВРОРА"»)

УДК 681.322:629.5

В современном отечественном кораблестроении выполняется много проектов малосерийной постройки. Поэтому для снижения общих затрат необходимо в максимальной степени тиражировать отдельные технические решения для использования их в различных проектах.

Анализ технических заданий на ряд проектов комплексных систем управления техническими средствами (КСУ ТС) надводных кораблей и подводных лодок выявил актуальные направления разработок, которые могут быть использованы при проектировании ряда систем. Это позволяет ставить задачу создания базовых технических решений.

Структурное построение. Структура КСУ ТС в значительной степени определяется принятой на кораблях организацией управления. Практический опыт свидетельствует о том, что для управления оборудованием технических средств (ТС) каждого отдельного типа корабля (энергетика, электроэнергетика, общекорабельные системы, средства движения) предусматривается самостоятельное автоматизированное рабочее место (АРМ), основной составляющей которого является пульт управления.

Попытки повысить степень интеграции управления, возложив на одного оператора задачи управления оборудованием ТС нескольких видов, показали нецелесообразность такого подхода без радикального роста степени автоматизации. Оператор не справляется с управлением в сложных ситуациях. Трудно подготовить специалиста, обладающего необходимыми знаниями и пониманием процессов, происходящих в различных по природе ТС.

Распределение пультов управления по ТС различных видов определяет привязку к ним аппаратуры, которая обеспечивает сбор соответствующей информации, ее представление на пульте, передачу команд управления с пульта, формирование управляющих сигналов на оборудование данного вида ТС. В результате комплексируется аппаратура управления и контроля оборудованием ТС определенного вида. Это означает, что для создаваемого нового поколения КСУ ТС принят так называемый функциональный принцип построения.

Другой принципиальный аспект структурного построения КСУ ТС — число аппаратных уровней в системах. Выполненные проработки и оценки показали, что при используемых в настоящее время аппаратных средствах по критерию минимальных затрат оптимальной является двухуровневая структура (рис. 1).

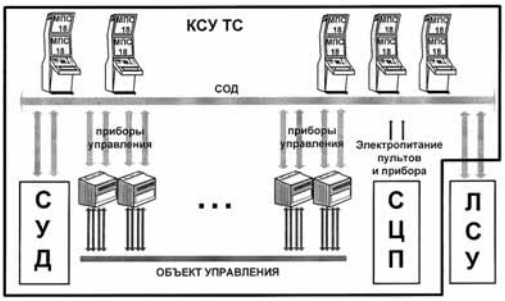


Рис. 1. **Принципиальная схема двухуровневой структуры КСУ ТС:**
СУД — система управления движением; *СЦП* — система централизованного питания; *ЛСУ* — локальная система управления; *СОД* — система обмена данными

На верхнем уровне находятся пульты управления со средствами представления информации и устройствами ввода команд, на нижнем — аппаратура сбора информации, ее обработки и формирования сигналов управления.

Организация электропитания систем управления. Значительную часть объема аппаратуры и стоимости систем управления составляют устройства электропитания, включая вторичные источники питания, встраиваемые в вычислительные приборы и пульты (до 40%).

Особые сложности возникают с обеспечением бесперебойного питания при исчезновении напряжения в корабельной сети. Этот вопрос решается путем использования аккумуляторных батарей, которые на надводных кораблях, как правило, включаются в состав систем управления. Это не только увеличивает массогабаритные характеристики и стоимость систем, но также существенно усложняет процесс их обслуживания, требуя специальных мероприятий.

Перспективным направлением при решении вопроса обеспечения электропитани-

ем систем управления является децентрализация аппаратуры электропитания, замена агрегатов бесперебойного питания (АБП) набором специализированных устройств (прибор питания исполнительных органов, прибор аккумуляторной поддержки), перенос части функций АБП во вторичные источники питания, существующие в вычислительных приборах системы. В этом случае при сохранении всех показателей надежности и живучести систем улучшаются их качественные показатели, в том числе:

• селективность, поскольку от относительно мощных источников питания в системе к группе маломощных потребителей напряжение поступает не по одному фидеру, а по нескольким защищенным фидерам;

• тепловой режим в приборах питания — ввиду увеличения суммарных площадей поверхностей приборов;

• модернизационные возможности систем управления, так как при появлении дополнительных потребителей можно вводить в системы относительно небольшие устройства электропитания, а не крупногабаритные АБП. Кроме того, появляется возможность упрощения аппаратуры питания за счет учета требований к качеству электропитания, предъявляемых различными потребителями.

Для сокращения аппаратных затрат на системы питания необходим тщательный учет коэффициента одновременности подачи управляющих воздействий на исполнительные органы, состава и времени работы потребителей, требующих бесперебойного питания при обесточивании заказа.

Выигрыш от использования распределенной системы электропитания получается еще более существенным, если такой подход распространить на другие системы корабля. Проведенные оценки применительно к конкретному заказу показали, что для обеспечения электропитанием КСУ ТС, локальных систем управления энергетической установки, интегрированной мостиковой системы и общекорабельной системы обмена данными потребуется установить АБП по количеству и суммарной этажности больше, чем соответствующие показатели приборных стоек этих систем. Использование распределенных систем электропитания позволяет оптимизировать стоимостные и массогабаритные показатели систем. Целесообразным является создание единой системы электропитания радиоэлектронных комплексов корабля.

Рис. 2. **Универсальная пультовая секция**

Создание автоматизированных рабочих мест. Современные тенденции в организации управления кораблями и их оборудованием, требования нормативных документов определяют необходимость создания АРМ, сочетающих в своем составе пульты, кресла операторов и другое требующееся для работы оборудование.

Рис. 3. **Автоматизированное рабочее место оператора**

При разработке пультов в составе АРМ необходимо учитывать следующие требования:

1. Унификация лицевых панелей, номенклатуры органов управления и средств отображения информации, способов их использования при решении задач управления. Это означает, что на лицевых панелях пультов должны остаться экраны мониторов или панельных станций, клавиатуры, манипуляторы. Индивидуальные средства управления и отображения информации (табло, кнопки, задатчики и т. д.) следует заменить виртуальными на базе указанных выше унифицированных средств;

2. Взаимозаменяемость, т. е. возможность переключения с каждого АРМ на управление различными техническими средствами. Это свойство позволяет минимизировать количество пультовых стоек при решении задач сохранения управления в случае выхода каких-либо АРМ из строя (одна из последних разработок пультов представлена на рис. 2).

Общим для кресел операторов и командного состава является требование защищенности человека в случае возможных в боевых условиях ударных воздействий на корпус и оборудование корабля. Поэтому в конструкции кресла должны быть специальные амортизирующие устройства. В остальном в конструкции кресел следует учитывать специфику работы этих людей, связанную с выполняемыми функциями и различиями во времени пребывания на рабочем месте. Так, командный состав может находиться на рабочем месте длительное время, существенно превышающее время вахты, поэтому кресло командира должно обеспечивать комфортные условия для работы и отдыха. Его необходимо оборудовать средствами представления информацией и связи (варианты кресел оператора и командира представлены на рис. 3, 4).

Эффективность работы личного состава определяется не только совершенством пультов и кресел, но также интерьером помещения поста, его стилистикой, решением вопросов освещения, цветовой гам-

мой. Необходимо, чтобы расположенные в помещении поста изделия не препятствовали перемещению личного состава, отсутствовали взаимные помехи в деятельности операторов; изделия, не требующие оперативного обращения к ним, должны быть размещены за легкосъемными панелями.

Создание системы обмена данными в КСУ ТС. Одна из задач, возникающих при построении КСУ ТС, — это организация связей между составными частями КСУ ТС и отдельными образующими их приборами. Минимизация числа кабельных связей может быть достигнута путем введения в состав КСУ ТС системы обмена данными с задачей сбора информации от одних абонентов (пультов и приборов) и доставки ее другим, которым она предназначена.

Рис. 4. **Автоматизированное рабочее место командира:**
1 — модуль обработки информации; *2* — амортизированная платформа; *3* — кабельные соединения и шнур электропитания; *4* — кнопки быстрой связи с операторами и включения—отключения системы; *5* — поворотный сенсорный ЖК-монитор; *6* — микрофон громкоговорящей связи; *7* — съемный столик; *8* — дополнительные органы управления, шаровой манипулятор (джойстик) и кнопки; *9* — карманы для временного хранения документации

Создание единых процессорных загрузочных модулей. Целесообразным является подход, когда в составе КСУ ТС есть процессорные загрузочные модули двух типов — для пультов и для вычислительных приборов. Один такой загрузочный модуль содержит полный состав программ управления, реализуемых пультами КСУ ТС, второй — полный состав программ управления вычислительных приборов. При установке такого загрузочного модуля в конкретный пульт или прибор в нем начинает функционировать необходимая часть программы. Такое решение позволяет минимизировать состав ЗИП и обеспечить взаимозаменяемость пультов и приборов.

По проведенным оценкам, использование перечисленных технических решений на кораблях позволит получить существенный эффект в плане снижения массогабаритных и стоимостных показателей.

Блиц-новости

✓ ООО «Судоремонт-Балтика» в июне приступило к сборке 550-тонной самоподъемной платформы для гидротехнических работ, которая будет эксплуатироваться в астраханском регионе на глубинах до 30 м. Проект — ОАО РЦПКБ «Стапель».

✓ ЗАО «Тюменьсудокомплект» сдало в июне заказчику две несамоходные нефтеналивные баржи грузоподъемностью 2000 т (корпус пр. 432) и 1000 т (корпус пр. 562Д). Для сокращения грузовых операций на них установлены грузовые насосы. Для ОАО СЗ «Вымпел» изготовлены два дизель-генератора ДГМ 2А 50/1500 по 50 кВт.

✓ 30 июня на стапеле ОАО «Волгоградский судостроительный завод» состоялась закладка второго многоцелевого сухогруза пр. RSD19 («Волго-Дон макс») типа «Хазар» для иранской компании Irinvestship Limited. Проект судна, которое в реке будет иметь максимальный дедвейт 4340 т, а в море — 6750 т, разработало Морское Инженерное Бюро.

✓ 3 июля сухогруз «Карел» — пятое серийное судно дедвейтом 3300/5600 т, построенное ООО «Онежский судостроительный завод» по пр. 005RSD03, передано заказчику. Название строящегося шестого — «Николай Клинов».

✓ Азербайджанское государственное Каспийское морской пароходство (Каспар) объявило, что новый судостроительный завод, на котором планируется строительство танкеров дедвейтом не менее 13000 т и судов других типов, будет расположен в Гарадагском районе близ Баку. Площадь его территории будет около 20 га, численность работников — примерно 3000 чел.

✓ ОАО «Тюменский судостроительный завод» сменило собственника. Новым владельцем предприятия в июне стало ЗАО «Уралмаш — Буровое оборудование», входящее в группу компаний «Интегра».

✓ ОАО «Завод гидромеханизации» стало победителем тендера, организованного Краснокаменским филиалом ГУП Управление «Башмелиоводхоз» (Башкортостан), на поставку земснаряда пр. 3350МК производительностью 400 м^3/ч.

✓ Российско-корейское предприятие «Дальневосточная верфь» зарегистрировано во Владивостоке. Его партнеры — ОАО ХК «Дальзавод» и STX. Планируется постройка на базе «Дальзавода» балкеров класса handysize дедвейтом 20 000—30 000 т.

В июле отправился на промысел новый сейнер РС-450 «Ураганный», построенный ФГУП ДЗ «Звезда» для рыболовецкого колхоза «Моряк-рыболов». Судно имеет наибольшую длину 27,5 м, ширину 8 м, осадку по грузовую марку 3,1 м и водоизмещение 226 т. Район плавания — I ограниченный, удаление от порта-убежища до 200 миль, автономность не менее 8 сут, скорость около 10 уз («Рыбное хозяйство». 2006. № 2)

✓ 1 июля, в эллинге ОАО «Амурский судостроительный завод» состоялась торжественная церемония закладки корвета «Бойкий» (пр. 20380, ЦМКБ «Алмаз») для ВМФ. Планируется постройка серии таких кораблей. А неделей ранее 24 июня состоялся вывод из цеха и спуск на воду многоцелевой атомной подводной лодки «Нерпа» пр. 971, создание которой из-за недофинансирования растянулось на многие годы. Ее заказчик — ВМФ России, но, по данным СМИ, возможна передача ее в лизинг Индии.

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛИЗИНГА ДЛЯ ОБНОВЛЕНИЯ РЫБОПРОМЫСЛОВОГО ФЛОТА В ДАЛЬНЕВОСТОЧНОМ РЕГИОНЕ

Д. В. Кирюхин (ФГУП «Хабаровский судостроительный завод»),
В. Г. Мысник, докт. экон. наук (ДГУПС)

УДК 339.187.62:629.5

Лизинг стал одной из важнейших составляющих инвестиционной политики во многих государствах. Темпы роста лизинговых операций, как правило, опережают темпы роста основных макроэкономических показателей. Это не случайно. Насыщенность и разветвленность этих операций свидетельствуют о развитости экономических отношений в стране. Набирают темп развития лизинговые отношения и в России. К сожалению, такие схемы финансирования в судостроении пока мало заметны. Лизинг в общем виде является организационной формой предпринимательской деятельности, выражающей отношения собственности и инвестирования, особую систему хозяйствования; он имеет свое собственное содержание и различные степени конкретности в зависимости от арендуемого оборудования.

Одним из основных условий формирования конкурентоспособного рыбопромышленного комплекса России, в частности Дальнего Востока, является развитие внутреннего лизинга в судостроении.

Судостроение — одна из капиталоемких областей экономики, где наиболее эффективен механизм лизинга, который в этой отрасли может использоваться и как вид финансирования покупки судов, и как способ приобретения оборудования, предназначенного для обновления изношенных основных фондов предприятий, повышения их конкурентоспособности. Эти два направления лизинга взаимосвязаны, ведь если будет финансироваться строительство судов, то будет возможность приобретения оборудования для их постройки.

Лизинг — не панацея для решения всех проблем отечественного судостроения и остальных видов морской деятельности, но он является неотъемлемым элементом их финансовой инфраструктуры. Причина не только в высокой капиталоемкости этой сферы деятельности, но и в том, что жизненный цикл продукции судостроения очень продолжителен — 25 лет и более. Поэтому нормальное воспроизводство исключительно на средства эксплуатирующей организации практически невозможно. В связи с этим в мире сложилась система внешней финансовой поддержки морской деятельности, основанной, в том числе, на механизме лизинга.

Лизинг постепенно превращается в достаточно привлекательный метод финансирования постройки судов в мировом судостроении. Причины этого — налоговые льготы на предмет инвестиций для лизингодателя и возможность через финансовый лизинг обеспечить 100%-е финансирование строительства судна для судовладельца. Кроме того, это финансирование не требует дополнительного обеспечения в виде залога других активов судовладельца. Еще одна причина привлекательности лизинга — увеличение периода времени для выкупа судна (его оплаты). В финансовом лизинге лизингодатель стремится полностью амортизировать свои капитальные расходы на приобретение судна и обеспечить свои расходы на заем и маржу. Период лизинга средних и крупнотоннажных судов, как правило, превышает 10 лет, поскольку лизингодатель понимает, что этот период должен отражать возможности судовладельца заработать деньги на данное судно.

Однако при явных преимуществах лизинг для судостроения не становится основным способом финансирования постройки. Это происходит по двум основным причинам. Во-первых, некоторые судоходные компании более склонны зарабатывать деньги на своевременно проведенных покупках и продажах судов, чем на их эксплуатации. В таких обстоятельствах недостаток лизинга в том, что он лишает компанию-оператора возможности реализовать судно, которое он использует. По условиям финансового лизинга судно совершенно четко является собственностью лизингодателя и досрочное окончание договора лизинга приводит к очень большим платежам в его пользу. Во-вторых, сохраняется риск лизингодателя в судостроении по сравнению с другим оборудованием. Построив и сдав в лизинг судно для конкретного судовладельца под конкретные условия эксплуатации, а следовательно, и с конкретными размерениями и характеристиками, лизингодатель ставит себя в большую зависимость от фрахтового рынка и рынка промысловых судов. В период спада из-за

низких фрахтовых ставок из эксплуатации выводятся целые группы судов определенного дедвейта и назначения. Если бы эти суда находились в лизинге, то лизингодатель вместе с лизингополучателем были бы в очень тяжелой ситуации.

Чтобы оценить эффективность использования лизинга для обновления рыбопромыслового флота в Дальневосточном регионе, используя мощности отечественного судостроения, рассмотрим опыт финансирования постройки судов на основе лизинга в Приморском крае.

Для судостроения Дальнего Востока не свойственно строительство крупнотоннажных судов для нужд мирового фрахтового рынка. При этом две причины, названные выше и препятствующие развитию лизинга в судостроении, в данном случае можно признать несущественными. Во-первых, рыбодобывающие компании обычно получают прибыль от эксплуатации судов, а не от их продажи на рынке; во-вторых, количество типоразмеров современных эффективных рыбодобывающих судов для работы в Дальневосточном регионе незначительно, а потребность в них велика, что делает возможным повторную реализацию выведенного из договора лизинга объекта и соответствует интересам лизингодателя, снижая риск.

Рыбопромысловый флот Дальневосточного региона насчитывает свыше 1400 судов. Суммарные расчетные промысловые мощности добывающего флота превышают объемы допустимых уловов, однако средний возраст судов достигает 24 лет. Только в Приморском крае нормативный срок эксплуатации превысил 71% крупнотоннажных добывающих судов, 54% судов среднего добывающего флота, 62% судов прибрежного рыболовства, т. е. около 300 судов, более 100 из которых — малые. Наибольшее число в структуре судов прибрежного лова Приморского края составляют суда типа РС-300 (проект разработан в 1967 г.), возраст которых более 25 лет, а по всему Дальнему Востоку таких судов насчитывается около 300.

Эксплуатация судов, задержанных со списанием, вызывает ряд таких проблем, как сокращение их производственных возможностей, увеличение объемов ремонта и технического обслуживания, повышение риска аварийности и снижение технического уровня добывающего флота в целом. В совокупности это приводит к снижению эффективности работы флота, росту затрат на выпуск продукции, обострению проблемы обеспечения безопасности мореплавания, замедлению темпов внедрения достижений научно-технического прогресса.

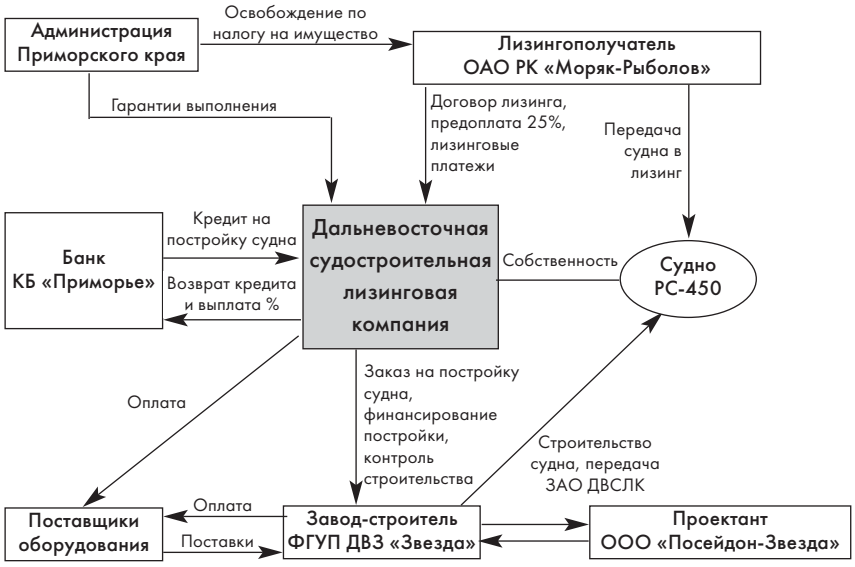


Схема постройки по лизингу головного РС-450

Для преодоления негативных тенденций в рыбной отрасли и судостроении в июне 2004 г. была принята программа «Развитие морского машиностроения Приморского края на 2004—2010 гг.», в рамках которой принимаются меры экономического стимулирования строительства судов. Первый шаг ее реализации — создание финансового промышленного консорциума «Дальсудпромшельф», лидером которого является Комитет по управлению государственным имуществом Приморского края. В консорциум сегодня входят более 30 предприятий Приморского края и других регионов Дальнего Востока. Вторым шагом стало создание финансовой инфраструктуры судостроительной отрасли в лице ЗАО «Дальневосточная судостроительная лизинговая компания» (ДВСЛК). Основными акционерам ДВСЛК являются ФПК «Дальсудпромшельф», компания «Российский лизинг», банк «Приморье» и ООО «Посейдон-Звезда». И, наконец, — строительство современных рыбопромысловых судов РС-450 прибрежного лова.

Проект рыболовного судна РС-450 разработан КБ «Посейдон-Звезда». В августе 2003 г. он прошел модельные испытания в опытовом бассейне ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова, подтвердившие параметры мореходности судна, заложенные конструкторским бюро. Данное судно было рекомендовано Ассоциацией рыбохозяйственных предприятий Приморского края рыбакам Дальневосточного региона для замены морально и физически устаревших РС-300.

В начале 2005 г. был определен первый заказчик — лизингополучатель на головной РС-450 — ОАО «Рыболовецкий колхоз "Моряк-Рыболов"». Был заключен договор финансовой аренды на поставку головного судна. Общая стоимость договора составила 1,4 млн дол. Стоимость судна на момент передачи лизингополучателю должна была составить 950 тыс. дол.

Среди судоремонтных и судостроительных предприятий Приморского края ДВСЛК выбрала подрядчика — завод-строитель ФГУП «Дальневосточный завод "Звезда"». Общая стоимость подряда на строительство рыболовного судна РС-450 составила 560 тыс. дол.

В рамках договора-подряда лизинговая компания оплатила и осуществила поставку импортного оборудования для строящегося судна.

По заявке лизингополучателя ДВСЛК произвела дополнительные к базовой комплектации судна поставки оборудования и заказала заводу-строителю работы на общую сумму 200 тыс. дол. Таким образом, контрактная стоимость головного судна на момент передачи судна РК «Моряк-Рыболов» должна была составить 1,15 млн дол.

Была разработана и использована финансовая схема взаимоотношений между лизинговой компанией, заводом-строителем, рыбодобывающей компанией, банком и администрацией Приморского края (рисунок).

На этом проекте была отработана система строительства судов по лизингу в Приморском крае. На всех этапах реализации проекта активно участвовала Администрация Приморского края. Непосредственно по инициативе губернатора были разработаны программа строительства рыбодобывающего флота и проект рыболовного судна. Администрация края выступает в качестве гаранта по кредиту, освобождает от налога на имущество рыбохозяйственные предприятия, осуществляющие строительство нового рыбопромыслового флота на территории края, устанавливает льготные тарифы на электроэнергию для предприятий, строящих рыболовные суда для отечественных заказчиков. По лизинговой схеме ДВСЛК совместно с Администрацией Приморского края планирует работать в течение пяти лет. После испытаний головного судна, при положительных результатах, лизинговая компания готова приступить к постройке серии таких судов в количестве 100—120 ед.

Однако грандиозные планы Администрации Приморского края сделать выпуск судов серийным и привлечь к проекту рыболовецкие компании со всего Дальнего Востока могут быть не реализованы, так как потенциальных заказчиков может не устраивать цена, которая возросла почти в 1,4 раза в связи с ростом стоимости материалов, отечественного и импортного комплектующего оборудования. Здесь просматривается недоработка коммерческих отделов ДВЗ «Звезда» и ДВСЛК из-за сжатых сроков строительства головного судна, постоянный рост тарифов на электроэнергию и железнодорожные перевозки, а также жесткая налоговая и таможенная политика государства в отношении судостроительной отрасли.

ДВСЛК была вынуждена совместно с судостроительными и судоремонтными заводами Приморского и Хабаровского краев произвести анализ построечной стоимости рыбопромысловых судов РС-450 на предприятиях данных регионов. В результате был сделан вывод, что средняя построечная стоимость серийного РС-450 составляет 1,6 млн дол. То, что такая цена может отпугнуть рыболовные компании, вынуждены признать все участники данного проекта. Поэтому с учетом экономических показателей планируемой работы построечная стоимость РС-450 должна составить на 2006 г. не более 1,2 млн дол. в базовой комплектации. Только тогда при существующих экономических условиях срок окупаемости судна будет равен сроку лизинга и составит 5 лет.

Также была проанализирована стоимость строительства РС-450 на верфях КНДР, КНР и Республики Корея. Так, постройка в Южной Корее с учетом таможенных пошлин и услуг Регистра колеблется в районе 1,6 млн дол., а на верфях Китая и Северной Кореи составляет около 1,1 млн дол.

Частично удешевление постройки РС-450 на верфях Дальнего Востока может произойти за счет оптовой закупки оборудования и материалов при серийном строительстве судов, а также за счет того, что на последующие суда будут ставить главные двигатели корейского производства, а не американского (Caterpillar). Но меры по снижению стоимости РС-450, как и все усилия Администрации Приморского края, не смогут изменить ситуацию, в которой оказалось отечественное судостроение в целом и Дальний Восток в частности. Загрузка отечественных верфей не превышает 30%, но в то же время в 2005 г. российские судоходные компании разместили заказы на строительство судов за рубежом на сумму 1 млрд дол. Необходимы меры государственной поддержки судостроительной промышленности.

Опыт использования лизинговой схемы при финансировании строительства рыболовного судна на судостроительном предприятии Приморского края еще раз выявил основные проблемы судостроения России. Это, прежде всего, отсутствие системы государственной экономической поддержки отрасли, включающей нормальные условия по кредитным нагрузкам, частичное государственное субсидирование процентных ставок по кредитам на постройку судов, изменение правил оплаты НДС в судостроении, создание отраслевых лизинговых компаний с участием государства. И пока они не будут решены в законодательном порядке на федеральном уровне, нельзя надеяться, что изменится ситуация, когда отечественные судостроительные мощности недозагруженны, а судовладельцы размещают заказы на строительство в Китае, Корее, Польше и т. д. Потому что ни Приморский край, ни какой-либо другой субъект федерации не в состоянии создать равные с зарубежными верфями условия для российского судостроения. Пока этого не будет сделано, лизинговая схема финансирования постройки судов для модернизации рыбопромыслового и коммерческого флотов, а также возрождения судостроительной промышленности России будет малоэффективной. Эта проблема требует немедленного решения на уровне Российской Федерации.

Литература

Логачев С. И., Чугунов В. В. Мировое судостроение: современное состояние и перспективы развития. СПб.: Судостроение, 2001.
Основные направления развития и совершенствования производственно-хозяйственной деятельности рыбного хозяйства Приморского края до 2015 года. Владивосток, 2004.
Перспектива строительства рыболовных судов в Приморском крае. По материалам ЗАО «ДСЛК». Владивосток, 2006.
Рано сушить весла//Российская газета, 2006 г. 6 апреля.
Троилин В. В. Некоторые аспекты использования лизинга в судостроении и судоремонте//Вестник Ростовского гос. эконом. ун-та. 2002. № 1(14).

ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА ТЯЖЕЛОНАГРУЖЕННЫХ СВАРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КРЕПЛЕНИЯ СБОРОЧНО-МОНТАЖНЫХ ЕДИНИЦ

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

УДК 621.791.052:621.8].002.72

Сварные соединения в узлах крепления судового энергетического оборудования, особенно крупных сборочно-монтажных единиц (СМЕ), подвергаются сжатию или растяжению в результате воздействия устанавливаемых изделий. Такие соединения являются высоконапряженными, ответственными элементами креплений, поэтому к ним предъявляются жесткие требования: по всему объему сварного соединения не допускаются микротрещины, непровары или раковины; корень сварного шва должен быть выполнен без сварочных дефектов и иметь незначительные деформации, исключающие появление микротрещин; исключается затекание сварного материала через стык во внутреннюю полость конструкции крепления.

Указанные требования на практике сложно обеспечить, так как формирование качественного сварного шва при действии поперечных сил (сжатия или растяжения) приводит к появлению микротрещин в корне шва, которые начинают интенсивно развиваться по мере наложения последующих сварочных валиков. При появлении в сварном шве микротрещин их вырубают, выфрезеровывают, высверливают или выбирают наждачными кругами, а затем заваривают места углублений в шве. Кроме того, для снятия напряжений в сварном шве «проколачивают» каждый наложенный валик специальным инструментом.

Таким образом, сварка стыка крепления СМЕ при нагрузках — сложная, трудоемкая и продолжительная операция. В судостроении и ряде других отраслей известен способ монтажа сварных соединений опор тяжеловесных СМЕ, заключающийся в том, что изделие устанавливают на гидравлические домкраты (опоры) и сваривают стыки опор. При этом в процессе сварки контролируют сварные напряжения путем измерения изменений давления в гидродомкратах или тензометрирования силовых элементов креплений.

Недостаток такого способа заключается в необходимости систематического проведения таких измерений, расчета режимов сварки и введения изменений в технологию сварки узлов крепления. Возникающие при сварке укорочения сварных швов приводят к появлению растягивающих или, наоборот, стягивающих (сжимающих) сил, т. е. в зависимости от конструкции крепления в одном случае силы укорочения сварных швов как бы пытаются приподнять СМЕ и оторвать от опор (гидродомкратов), а в другом — прижать к опорам. Возникающие напряжения могут привести к разрыву сварных швов, появлению в них микротрещин. Для исключения нежелательных последствий по результатам измерений принимаются решения об изменении режимов сварки и регулировке высоты гидравлических опор (гидродомкратов). Но этот процесс регулировки очень сложен и неточен и не позволяет полностью исключить дефекты в сварке.

Из вышеизложенного следует, что при сварке стыков креплений СМЕ, имеющих многоопорные конструкции, практически невозможно отследить возникающие напряжения в соединениях и вовремя их отрегулировать. Поэтому часто в каких-либо соединениях креплений возникают микротрещины. Для получения качественных сварных стыков есть всего один путь — сделать технологические опоры автоматически податливыми, отслеживающими возникающие дополнительные нагрузки от сварки.

Рассмотрим технологию монтажа тяжелонагруженных сварных элементов крепления СМЕ на технологических опорах, снабженных системами поддержания заданных нагрузок в каждой опоре и отслеживания деформации (укорочения) сварных швов. В качестве следящей опоры предлагается балансировочный пневмогидравлический домкрат (рис. 1)[1], состоящий из корпуса *9* с установленным в нем плунжером *8*, в котором находится дополнительный плунжер *6*. Устройство снабжено крышкой *4*. В стенке основного плунжера *8* выполнен канал *2* для поддержания атмосферного давления в полости, расположенной между плунжерами *8* и *6*. На крышке *4* установлена сферическая опора *5*, служащая для компенсации непараллельности опорных поверхностей полок фундамента и опор СМЕ. Уплотнительные кольца *7* предназначены для герметизации рабочих полостей *1* и *3*: ниж-

[1]Герасимов Н. И., Греков А. П., Ива А. А. Способ монтажа сборочно-монтажных единиц и устройство для его реализации. Патент 2117600 РФ на изобретение с приоритетом 19.06.1995 г.

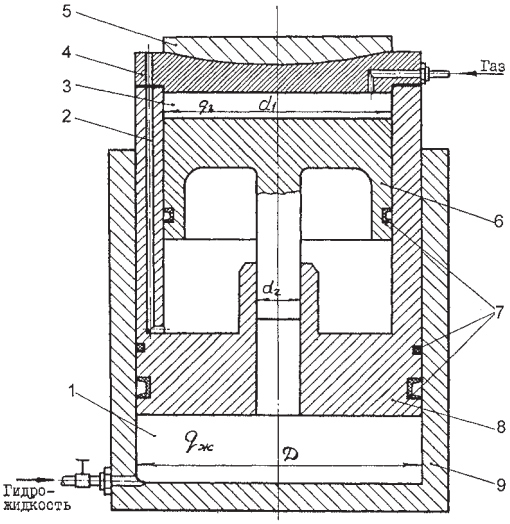


Рис. 1. **Гидравлический балансировочный домкрат:**
1, 3 — нижняя и верхняя рабочие полости соответственно; *2* — канал; *4* — крышка; *5* — сферическая опора; *6, 8* — дополнительный и основной плунжеры соответственно; *7* — уплотнительные кольца; *9* — корпус домкрата

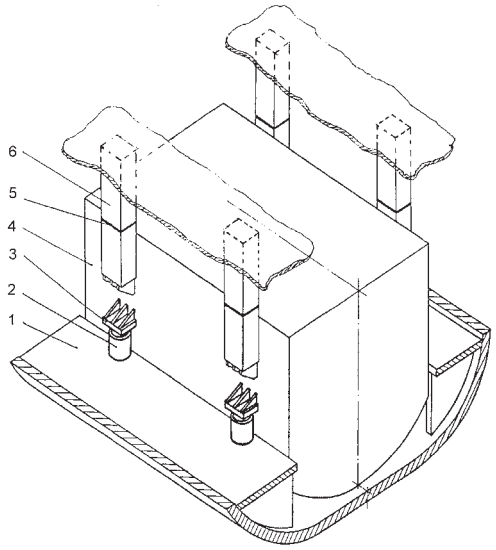


Рис. 2. **Технологическая схема монтажа СМЕ на балансировочных домкратах при растяжении сварных швов:**
1 — судовой фундамент; *2* — балансировочный домкрат; *3* — технологическая опора для балансировочного домкрата; *4* — СМЕ; *5* — стык для сварки; *6* — штатная конструкция крепления СМЕ

ней *1* — между плунжером *8* и корпусом *9* и верхней *3* — между дополнительным плунжером *6*, корпусом плунжера *8* и крышкой *4*. Нижняя рабочая полость заполняется рабочей жидкостью, а верхняя — сжатым газом с постоянным расчетным давлением.

Балансировочные устройства работают следующим образом (рис. 2, 3). Газ подают в верхние рабочие полости *3* (см. рис. 1) с постоянным расчетным давлением. Полости *1* заполняют рабочей жидкостью с обеспечением подъема плунжеров в расчетное по высоте положение. В процессе сварки происходит усадка сварных швов, возникают стягивающие усилия, направленные на отрыв конструкции СМЕ *4* от опор (см. рис. 2) или на увеличение нагрузки на опоры (см. рис. 3). При этом для схемы, приведенной на рис. 2, уменьшается нагрузка на основные плунжеры *8* (см. рис. 1), снижая тем самым давление рабочей жидкости в полостях *1*. Следовательно, падает нагрузка на штоки плунжеров *6*. При этом в верхних полостях *3* давление газа и результирующие усилия на плунжеры *6* сохраняются, в данный момент превышая усилия на штоки. Поэтому плунжеры *6* начинают перемещаться вниз и штоками вытесняют рабочую жидкость в нижние полости *1*, заставляя плунжеры *8* смещаться вверх на величину, эквивалентную усадке шва. В этом случае стягивающие силы сварных швов будут полностью компенсироваться перемещениями СМЕ, что приведет к снижению напряжений в сварных соединениях, а значит, обеспечит их качественное исполнение.

Для схемы, приведенной на рис. 3, работа устройств будет происходить по-иному. Укорочение сварных швов вызовет дополнительные нагрузки на плунжеры *8* балансировочных устройств, а следовательно, в нижних полостях *1* возникнет повышенное давление, что создаст на штоках плунжеров *6* большее усилие, чем на самих плунжерах от постоянного давления газа. Штоки плунжеров начнут перемещаться вверх, а плунжеры *8* — вниз на величину, эквивалентную усадке шва. В этом случае стягивающие силы сварных швов снизятся до минимальных значений, что, в свою очередь, обеспечит качество сварных швов.

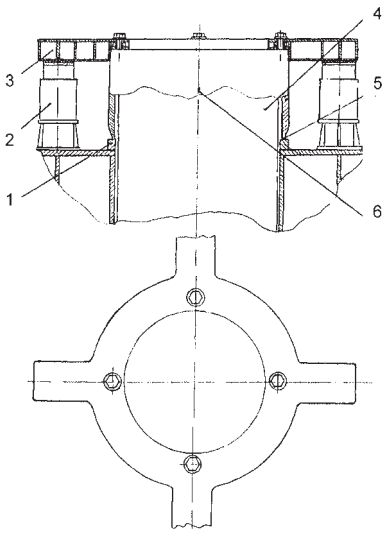


Рис. 3. **Технологическая схема монтажа СМЕ на балансировочных домкратах при сжатии сварного шва:**
1 — фундаментное кольцо; *2* — балансировочный домкрат; *3* — технологическая оснастка для вывешивания СМЕ на домкратах; *4* — СМЕ; *5* — сварной стык; *6* — опорная обечайка

Таким образом, при монтаже тяжелонагруженных креплений СМЕ, включающих сварные соединения, целесообразно применять гидравлические устройства с самоуравновешивающимися системами, работающие в прямой зависимости от сварочных деформаций швов.

Расчет таких систем не представляет больших сложностей.

Основные параметры устройства выбираются из соотношения

$$g_г = k\frac{4G}{n\pi}\left(\frac{d_2}{d_1 D}\right)^2, \qquad (1)$$

где D — диаметр основного плунжера; d_1 — диаметр дополнительного плунжера; d_2 — диаметр штока дополнительного плунжера; $g_г$ — давление сжатого газа; n — количество применяемых балансировочных устройств; k — коэффициент трения, учитывающий трение скольжения плунжера по корпусу и дополнительного плунжера по основному плунжеру; G — *масса СМЕ*.

Диаметр основного балансировочного устройства и давление рабочей жидкости можно определить из выражения

$$Д = 2\sqrt{\frac{G}{n\pi g_ж}}, \qquad (2)$$

где $g_ж$ — удельное давление рабочей жидкости в нижней рабочей полости.

В качестве примера приведем расчет балансировочного устройства для установки и приварки СМЕ массой 400 000 кг. При этом используем четыре поддерживающие опоры (n = 4).

Определим необходимое давление газа. Учитывая, что в современных домкратах применяют давление рабочей жидкости $g_ж$ = 30 МПа, диаметр D основного плунжера 8, определенный по формуле (2), составит 20,6 см.

Используя формулу (1), получим $g_г$, равное 30,345 МПа.

При этом значение d_1 выбрано из конструктивных соображений и равно 18 см; d_2 принято (из условия коэффициента мультипликации 10) равным 1,8 см; усредненный коэффициент трения плунжеров устройства k = 1,15.

Из приведенного расчета становится очевидным, что для обеспечения работы системы достаточно создать в четырех устройствах давление, равное 0,35 МПа.

Заключение. 1. Использование предлагаемой технологии монтажа СМЕ позволит значительно повысить качество сварных швов, сократить более чем в 2 раза продолжительность и на 30% трудоемкость монтажа СМЕ.

2. Указанные устройства с самоуравновешивающимися системами могут найти применение не только при проведении сварочных работ, но и при монтаже крупногабаритных СМЕ, а также движительных комплексов при нахождении судов на плаву (даже при волнении).

ОБТЕКАТЕЛЬ ГИДРОАКУСТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ИЗ ПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

Н. П. Лукьянов, канд. техн. наук (ФГУП ЦНИИТС)

УДК 629.7.028.6-036

В конце 50-х — начале 60-х годов XX века в ЦНИИТС были широко развернуты научно-исследовательские работы по применению стеклопластика в судостроении. Кто бы мог тогда из потомственных судостроителей предвидеть, что полимерный композиционный материал вскоре станет широко применяться в судостроении как конструкционный! Именно коллектив ЦНИИТС — кораблестроители, инженеры-технологи, химики, прочнисты, врачи-гигиенисты и токсикологи — убедительно доказал целесообразность и необходимость проведения комплекса научно-исследовательских и экспериментальных работ для обеспечения широкого внедрения нового конструкционного материала в отечественное судостроение.

Специфические свойства стеклопластика — низая плотность, водостойкость, высокая удельная прочность, хороший внешний вид, коррозионная стойкость в агрессивных средах — послужили основанием для его широкого применения в кораблестроении.

Одна из областей, где стеклопластик нашел применение, — это изготовление обтекателей гидроакустических комплексов подводных лодок (ПЛ). Научно-исследовательские работы по созданию обтекателей из стеклопластика были начаты в ЦНИИТС в 1961—1962 гг. Постановлением правительства ЦНИИТС был определен головным предприятием в отрасли по созданию принципиально новых композиционных полимерных материалов и головным исполнителем комплексных исследований по этому направлению.

Над созданием материалов специалисты-химики ЦНИИТС в творческом содружестве со специалистами НИИПМ химической промышленности длительное время работали над созданием полимерного композитного стеклопластика, отвечающего требованиям судостроения. В конечном итоге он был создан — принципиально новый конструкционный материал. Вторым, и не менее сложным, этапом работы стала разработка конструкции обтекателя ПЛ, отвечающей специфическим требованиям работы гидроакустической станции. Решением этой задачи занимался творческий коллектив ученых и инженерно-технических работников ЦНИИТС, ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова, ЦНИИ «Морфизприбор», ЦКБ МТ «Рубин», СПМБМ «Малахит» и ПО «Севмашпредприятие». Техническое руководство в период выполнения научно-исследовательских работ, связанных с созданием и внедрением технологии изготовления обтекателей ПЛ из полимерных композиционных материалов, осуществлялось специалистами ЦНИИТС.

Создание материалов и конструкций обтекателей явилось весьма сложной проблемой, так как к ним предъявлялись одновременно противоречивые требования — высокая прочность, помехозащищенность и звукопрозрачность. Поэтому коллективу специалистов пришлось преодолеть значительные технические трудности, прежде чем были разработаны материалы и конструкции, удовлетворяющие поставленным требованиям. Комплексный подход к решению этой сложной проблемы был одобрен и поддержан Главным техническим и 1-м Главным управлениями Министерства судостроительной промышленности.

В процессе выполнения работ разрабатывались химические составы материалов, отрабатывалась технология их использования при изготовлении и испытании образцов, а

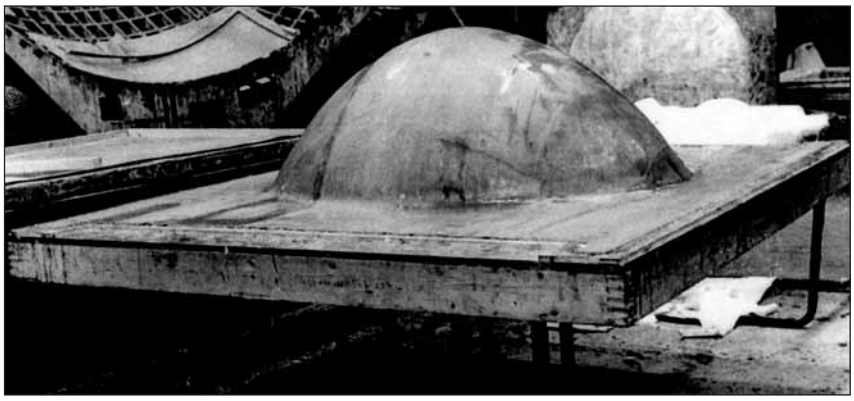


Рис. 1. **Натурный элемент обтекателя**

также проводилась отработка конструкций сначала на лабораторных образцах, а затем на натурных элементах и опытных секциях обтекателя (рис. 1). Натурные элементы и опытные секции обтекателя формовались на оснастке, спроектированной и изготовленной по документации ЦНИИТС (рис. 2).

В итоге было создано пять принципиально новых видов материалов и три типа конструкций обтекателей ПЛ, в том числе конструкция с трехслойной безнаборной обшивкой со средним слоем из стеклосферопластика и наружными слоями из стеклопластика.

Активное участие в создании материалов для обтекателей принимали химики-технологи ЦНИИТС Н. А. Герасимова, С. А. Наровлянская и В. В. Переплетчикова, а также технологи А. А. Плеханов и В. Н. Шершов. Испытания материалов на образцах и опытных конструкциях проводились в специализированной лаборатории института по разработанным методикам и при участии инженеров В. Н. Ривкинда и В. Ф. Лангина. Следует особо отметить значительный вклад в создание обтекателей ПЛ из стеклопластика инженера Н. Г. Судоревой, которая длительное время являлась ответственным исполнителем, в 1966 г. защитила кандидатскую диссертацию по этому направлению, а затем продолжала работать над совершенствованием технологии и организации изготовления обтекателей гидроакустических систем ПЛ. Так, одной из сложнейших задач при создании обтекателей для заказа «Акула» было одновременное обеспечение требований прочности, звукопрозрачности и помехозащищенности для безнаборной трехслойной конструкции достаточно больших габаритов. Решение этой задачи осуществлялось непосредственно на заводе — изготовителе заказа «Акула» при участии специалистов ЦНИИТС.

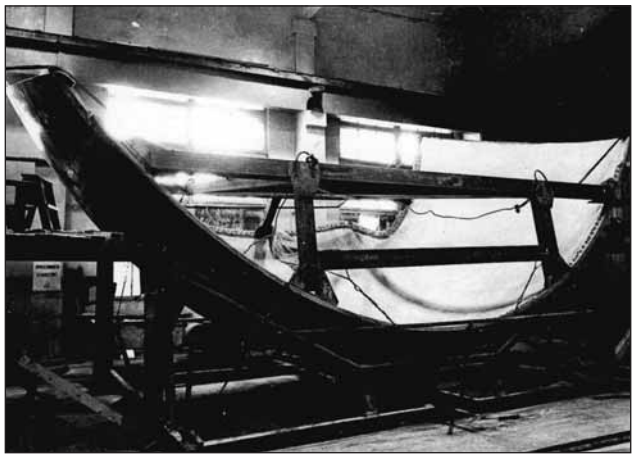


Рис. 2. **Простейшая оснастка для изготовления секций обтекателя однослойной конструкции**

Были разработаны и изготовлены специальные кантователи, которые одновременно являлись оснасткой для изготовления крупных секций обтекателя и обеспечивали возможность любого наклона и поворота оснастки в процессе выполнения операций (рис. 3). Таким образом, в относительно короткие сроки благодаря творческому подходу, энтузиазму и слаженной работе специалистов завода-строителя и ЦНИИТС было освоено производство уникальной трехслойной конструкции обтекателя для заказа «Акула».

Благодаря своим специфическим характеристикам, новый полимерный композиционный материал-стеклопластик стал вытеснять металлы в конструкциях, требующих обеспечения звукопрозрачности, немагнитности, коррозионной стойкости и соответствующей прочности, в том числе и в конструкциях обтекателей ГАС.

Многолетний опыт эксплуатации обтекателей из стеклопластика показал надежность и подтвердил правильность принятых научно-технических решений при их разработке и внедрении.

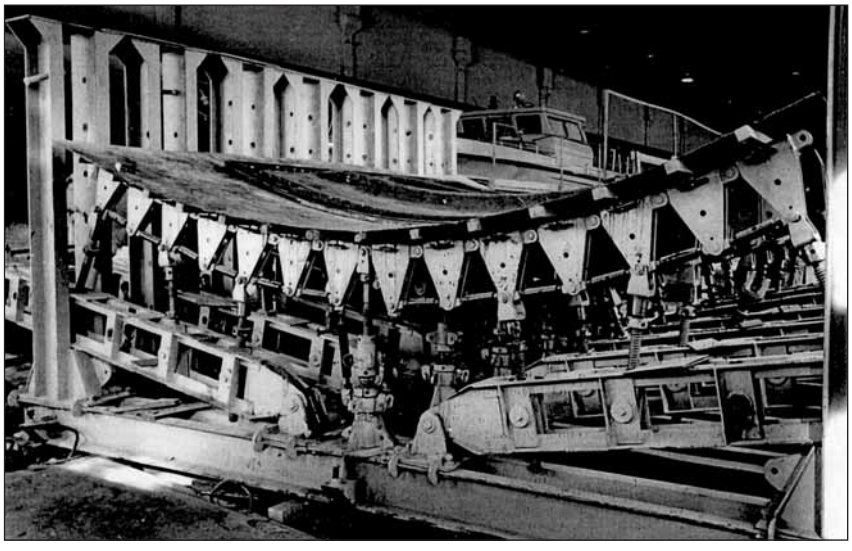


Рис. 3. **Универсальная оснастка для изготовления секций трехслойной конструкции**

НОВЫЕ ХЛАДОСТОЙКИЕ СТАЛИ ДЛЯ МОРСКОЙ ТЕХНИКИ

30 мая в ФГУП ЦНИИ КМ «Прометей» состоялась научно-практическая конференция «Новые хладостойкие стали для морской техники по добыче углеводородов на арктическом шельфе, танкеров, сухогрузов, ледоколов и других судов различного назначения и транспортных газо- и нефтепроводов», организованная ФГУП ЦНИИ КМ «Прометей» и ОАО «Северсталь». На конференции были представлены результаты работ в 2003—2006 гг. по важному инновационному проекту государственного значения «Металл» — «Создание технологий и освоение промышленного производства конструкционных металлических материалов с двукратным повышением важнейших эксплуатационных свойств».

Как отметил в своем выступлении В. В. Рыбин, первый заместитель генерального директора ЦНИИ КМ «Прометей», член-корр. РАН, в ходе реализации этого проекта впервые применили новую государственно-частную схему финансирования науки, когда значительные бюджетные средства (200 млн руб.) были выделены при условии вложения крупных внебюджетных средств (399 млн руб.) и обеспечения объема продаж разработанной продукции в первый год выхода на полную мощность, в 5 раз превышающего бюджетные затраты.

Тесное взаимовыгодное взаимодействие науки, производства и потребителей продукции позволило достичь поставленных целей. Разработаны технологии, созданы и освоены конкурентоспособные, гармонизированные с международными стандартами стали и сварочные материалы с улучшенной в 1,5—2 раза свариваемостью, хладостойкостью до –60 °С, повышенной трещиностойкостью основного металла и сварочных соединений при низких температурах, сопротивляемостью слоистым разрывам, повышенной работоспособностью и коррозионной стойкостью.

Новые технологии позволят получать продукцию более высокого качества, по сравнению с существующими аналогами, с меньшими трудо- и энергозатратами, отказаться от импорта и полностью обеспечить потребности отечественной промышленности. Разработаны технические условия[1] на поставку хладостойкой стали с пределом текучести 235—690 МПа, плакированной стали, штрипса для выпуска труб.

Собственные затраты предприятий на разработку технологий и материалов, закупку новейшего производственного оборудования составили: «Северсталь» — 323,5 млн руб., Выксунский металлургический завод — 60,5 млн руб., ЦНИИ КМ «Прометей» — 15 млн руб.

Уже в ходе реализации проекта (2003 г. — I кв. 2006 г.) было реализовано новой продукции на 1,2 млрд руб. Объем продаж в 2007 г., после выхода производства на полную мощность, составит не менее 1 млрд руб.

Кроме хладостойкой стали (см. таблицы) в рамках проекта «Металл» разработаны: штрипс АБ-12 для производства труб, в том числе для подводных трубопроводов высокого давления и наземных в районах Край-

Хладостойкая сталь нормальной прочности улучшенной свариваемости для морской техники, судов и сооружений, эксплуатируемых в условиях Крайнего Севера
ТУ5.961-11844—2004
Толщина 10—40 мм, ширина 1500—3200 мм, длина листов 4500—11 500 мм

Марка стали	Временное сопротивление R_m, МПа	Предел текучести R_e, МПа	Относительное удлинение A_5, %	Работа удара KV, Дж	Температура определения работы удара, °С	$C_{экв}$, %
		не менее				не более
DCB	400—520	235	22	40	–20	0,26
ECB					–40	
FCB					–60	

$$C_{экв.} = C + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Mn}{6} + \frac{Ni + Cu}{15}, \text{ \% масс.}$$

[1]ТУ5.961-11679—2005 «Прокат толстолистовой свариваемый из стали нормальной, повышенной и высокой прочности» одобрены Российским морским регистром судоходства (письмо № 010-13.1-25191 от 2.08.2005 г.), а согласование Регистром ГОСТ 5521—93 утратило силу.

Хладостойкая сталь повышенной прочности улучшенной свариваемости для морской техники, ледостойких буровых платформ и сооружений, эксплуатируемых в условиях Крайнего Севера
ТУ 5.961-11679—2005
Толщина 10—50 мм, ширина 1200—3200 мм, длина листов 4500—11 500 мм

Марка стали	Временное сопротивление R_m, МПа	Предел текучести R_e, МПа	Относительное удлинение A_5, %	Работа удара KV, Дж	Z_z, %	$C_{экв}$, %
		не менее				не более
D32CB, E32CB, F32CB D32W, E32W, F32W	440—590	315	22	50	— 35	0,34
D36CB, E36CB, F36CB D36W, E36W, F36W	490—620	355	21	50	— 35	0,36
D40CB, E40CB, F40CB D40W, E40W, F40W	510—650	390	20	50	— 35	0,38

Температура испытания сталей категории D: –20 °С, категории E: –40 °С, категории F: –60 °С

Хладостойкая сталь высокой прочности для морской техники, судов и сооружений, эксплуатируемых в условиях Крайнего Севера
ТУ 5.961-11679—2005. ТУ 5.961-11845—2004
Толщина 10—40 мм (для 450—500 МПа) и 8—35 мм (для 690 МПа), ширина 1500—3200 мм, длина листов до 11 500 мм

Марка стали	Временное сопротивление R_m, МПа	Предел текучести R_e, МПа	Относительное удлинение A_5, %	Работа удара KV, Дж	Z_z, %	P_{cm}, %
		не менее				не более
D450CB, E450CB, F450CB D450W, E450W, F450W	550—700	450	19	60	— 35	0,22
D500CB, E500CB, F500CB D500W, E500W, F500W	610—770	500	18	60	— 35	0,28
D690W, E690W, F690W	770—900	690	15	78	35	0,32

Температура испытания сталей категории D: –20 °С, категории E: –40 °С, категории F: –60 °С

$$P_{cm} = C + \frac{Cr + Cu + Mn}{20} + \frac{Ni}{60} + \frac{Si}{30} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10}, \text{ \% масс.}$$

него Севера (хладостойкость до –60 °С), хладостойкие сварочные материалы — агломерированный флюс 48АФ-53, покрытые электроды 48ХН-8, порошковая проволока 48ПП-9Н — для производства сварных конструкций из хладостойкой стали с пределом текучести более 500 МПа, в частности, ледостойких буровых платформ и судов ледового плавания, а также аналогичные сварочные материалы (48АФ-55, 48ХН-7, 48ПП-8Н) для трубопроводов.

На конференции выступили: О. А. Лесина (Федеральное агентство по науке и инновациям), Г. Ю. Калинин, Е. И. Хлусова, В. П. Леонов, Н. Г. Быковский (ЦНИИ КМ «Прометей»), А. В. Голованов (ОАО «Северсталь»), Р. В. Сулягин (ЗАО «Ижорский трубный завод»), Н. Г. Колбасников (СПб ГПУ), Г. И. Титова (НИЦ ООО ТК «ОМЗ-Ижора») и др.

В решениях конференции отмечена высокая научно-практическая значимость результатов выполненных работ по проекту «Металл», рекомендовано потребителям шире внедрять новые материалы в морских и других конструкциях, предложено ФГУП ЦНИИКМ «Прометей» разработать проект национального стандарта «Прокат стальной свариваемый нормальной, повышенной и высокой прочности для морской техники», а ФГУП ЦНИИ Чермет согласовать его первую редакцию с заинтересованными организациями до 1 декабря 2006 г. Для развития проекта «Металл» целесообразно продолжить работы по разработке штрипсовых сталей повышенных категорий прочности до Х80—Х100 в рамках нового инновационного проекта государственного значения «Магистраль» — «Создание высокопрочных трубных сталей, труб большого диаметра категории прочности Х80—Х100 и технологии их производства на базе Северо-Западного центра промышленно-технологических стендов наукоемких производств высокотехнологичной продукции для обеспечения строительства и эксплуатации магистральных газо- и нефтепроводов».

А. Н. Хаустов

Блиц-новости

✓ 29 июня сухогруз «Русич-7» — седьмое судно типа «Русич» — был передан Волжскому пароходству. Теплоход построен ОАО «Окская судоверфь».

✓ В июне со стапеля ООО «Невский судостроительно-судоремонтный завод» был спущен после капитального ремонта и модернизации сухогруз «Невский-13». В результате вставки 12-метрового блока грузоподъемность судна значительно увеличилась.

✓ 30 июня в цехе ФГУП ПО «Севмаш» был заложен второй танкер-химвоз дедвейтом 45 000 т в серии из 8 ед. для норвежской компании Odfjell ASA. В этот же день был подписан контракт на постройку еще четырех судов пр. Р-668. Такая крупная серия из 12 ед. обеспечит значительную загрузку мощностей «Севмаша» до 2011 г.

✓ По информации ИТАР-ТАСС, две дизель-электрические подводные лодки пр. 636 построит ФГУП «Адмиралтейские верфи» для ВМС Алжира. Одна будет заложена в 2006 г., вторая — в 2007 г.

✓ 29 июня судостроители ОАО СЗ «Вымпел» спустили на воду скоростной многоцелевой катер пр. 12150М, построенный для МЧС РФ. Спроектированный ФГУП ЦМКБ «Алмаз» на базе пр. 12150 («Мангуст»), он предназначен для поисково-спасательных работ в акватории Санкт-Петербурга. Уже построено несколько таких катеров.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ РЕМОНТОПРИГОДНОСТИ НА НАЧАЛЬНЫХ ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА КОРАБЛЯ

Г. Н. Муру (ФГУП «51 ЦКТИС» МО РФ), А. В. Рудаков, В. С. Трубицын (ОАО СЗ «Северная верфь»), В. А. Стародубов (ЗАО «НовИТ СПб»)

УДК 681.322:629.5.083.5

Новая концепция ремонта — новые приоритеты в свойствах корабельного оборудования. Смена экономической системы в стране — отход от плановой экономики и переход к рынку — обострила вопрос о замене доминировавшей ранее в отечественном судоремонте концепции регламентированных ремонтов на концепцию ремонтов по фактическому состоянию.

В плановой экономике при проектировании и строительстве кораблей основное внимание уделялось проблемам докового ремонта, при котором оборудование восстанавливалось путем демонтажа и замены. Концепция регламентированных ремонтов базируется на таких понятиях, как назначенный ресурс и срок службы, и в качестве приоритетной ставит задачу отслеживания временны́х параметров эксплуатации корабельного оборудования и отодвигает на второй план вопрос о приспособленности оборудования к техническому обслуживанию, а тем более к проведению ремонтных работ в походных условиях. Экипаж корабля и представители судоремонтных предприятий знали, что через определенное время, независимо от качества обслуживания в процессе эксплуатации, оборудование подлежит демонтажу и последующему ремонту или замене на новое.

В современных рыночных условиях все большую актуальность и практическое значение приобретают концепции ремонта по техническому состоянию, в котором основное внимание уделяется контролю текущего состояния и восстановлению работоспособности на месте, т. е. ремонт корабельного оборудования осуществляется не на основе временны́х понятий, указанных в ТУ на ремонт, а по фактическому его состоянию. В результате исключаются такие дорогостоящие и длительные операции, влияющие на коэффициент оперативного использования корабля, как демонтаж, выгрузка, ремонт в цехе, а затем погрузка и монтаж. Эта концепция базируется на методологии диагностирования и сбора информации о надежности оборудования и его элементов в процессе эксплуатации и на выполнении предупреждающего ремонта в походных условиях.

Проведение предупреждающих ремонтных работ без демонтажа оборудования, а также диагностирование и сбор информации об оборудовании на плаву (неразрушающий контроль) возможны только в случае доступа к нему, т. е. наличия в непосредственной близости от оборудования достаточного пространства (зоны обслуживания) для размещения членов экипажа с необходимой оснасткой и приборами. Зоны обслуживания являются составной частью ремонтопригодности корабельного оборудования. Таким образом, в данной концепции приоритетное значение имеет такое свойство оборудования, как ремонтопригодность, а такие понятия, как назначенный ресурс и срок службы, отходят на второй план.

Следовательно, если в процессе эксплуатации корабля планируется руководствоваться новыми подходами к проведению ремонта на основе концепции ремонта по техническому состоянию, то уже на ранних этапах жизненного цикла корабля целесообразно, как минимум, провести анализ зон обслуживания оборудования и разработать рекомендации по их оптимизации. В качестве критерия оптимизации могут выступать антропометрические характеристики экипажа (рост, ширина плечевого пояса), характеристики досягаемости регулируемых, обслуживаемых и ремонтируемых элементов оборудования.

Трехмерная модель корабля — базис для анализа зон обслуживания. Обеспечение соответствия пространственных характеристик зон обслуживания габаритным размерам частей тела человека, а также обеспечение пространственной доступности обслуживаемых элементов оборудования является актуальной задачей на этапе проектирования и строительства корабля. Однако в этом случае возникает проблема, как до установки оборудования в помещении корабля провести анализ зон обслуживания по антропометрическому критерию? Достаточно ли для этого типовой рабочей конструкторской документации (РКД) или необходимо заказывать бюро — проектанту корабля дополнительный комплект документации?

Представители ФГУП «51 ЦКТИС» — профильного института, отвечающего за раз-

работку технологий ремонта кораблей, — уже несколько лет успешно решают подобную задачу. Так, для нового корабля, строящегося в настоящее время для ВМФ, ФГУП «51 ЦКТИС» заказало разработку электронного макета общего расположения элементов оборудования и прокладки линий трубопроводов общекорабельных систем и систем энергетической установки головного заказа.

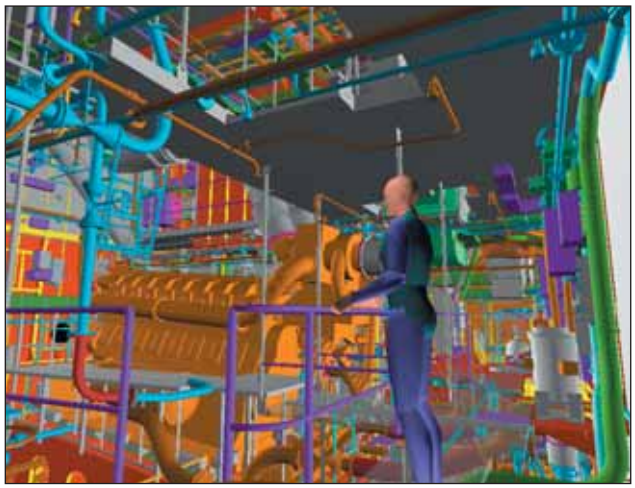


Рис. 1. **Пример трехмерной модели помещения корабля в системе FORAN**

Трехмерную модель корабля разрабатывали представители бюро компьютерного моделирования ОАО СЗ «Северная верфь» и департамента проектно-конструкторских работ ЗАО «НовИТ СПб». Формирование модели осуществляется в специализированном судостроительном трехмерном САПР FORAN (рис. 1) на основании получаемых от бюро-проектанта бумажных копий РКД. При ее формировании выявляются недостатки двухмерного проектирования (разнообразные геометрические «конфликты» и пересечения различных конструкций). По выявленным пересечениям выпускаются предварительные извещения, которые направляются в конструкторское бюро, и после внесения изменений в РКД вновь отрабатываются в модели. По мере строительства корабля с применением технологии обратного инжиниринга осуществляется доработка трехмерной модели корабля по фактическому состоянию объекта [1].

Постоянная поддержка в актуальном виде трехмерной модели корабля в совокупности с видоизмененной на ОАО СЗ «Северная верфь» технологией строительства военных заказов (монтаж систем и оборудования предваряет обязательное макетирование в трехмерной модели) являются гарантом успеха предпринятой ФГУП «51 ЦКТИС» деятельности по анализу зон обслуживания корабельного оборудования. Только в этом случае появляется возможность не только провести анализ зон обслуживания по антропометрическому критерию, но и своевременно дать проектному бюро соответствующее задание на перекомпоновку оборудования и до его монтажа на корабле выполнить пространственную оптимизацию выявленных проблемных областей.

Выбор антропометрических характеристик. Наличие трехмерной модели корабля является достаточным условием для анализа зон обслуживания оборудования, при этом необходим обоснованный выбор антропометрических характеристик. Как известно, такие характеристики в числе гигиенических, физиологических и психологических характеристик являются показателями эргономики рабочего места, которая является одним из показателей качества продукции. При выборе антропометрических характеристик для анализа зон обслуживания рассматривались отечественные и западные подходы к формированию показателей эргономики рабочего места.

Отечественные стандарты устанавливают общие эргономические требования к рабочим местам при выполнении работ в положении сидя и стоя при проектировании нового и модернизации действующего оборудования и производственных процессов [2, 3]. Для характеристики досягаемости зон обслуживания вводится понятие «моторное поле» (рис. 2). Приводятся конкретные характеристики зон досягаемости моторного поля при выполнении работ в положении сидя и стоя в вертикальных и горизонтальных плоскостях. При этом вводится классификация зон досягаемости моторного поля при выполнении операций «очень часто» и «редко выполняемых операций». Для анализа зон обслуживания корабельного оборудования могут быть использованы приведенные в отечественных стандартах параметры по глубине, высоте и ширине зон размещения стоп обслуживающего персонала возле оборудования.

В западных стандартах антропометрические характеристики используются для определения пригодности рабочего места для выполнения повседневных задач персоналом [4]. Для анализа рабочего места используются статические и динамические антропометрические характеристики (рис. 3).

Статические антропометрические характеристики снимаются с отдельного субъекта в неподвижном положении, динамические — с персонала в рабочих положениях и при-

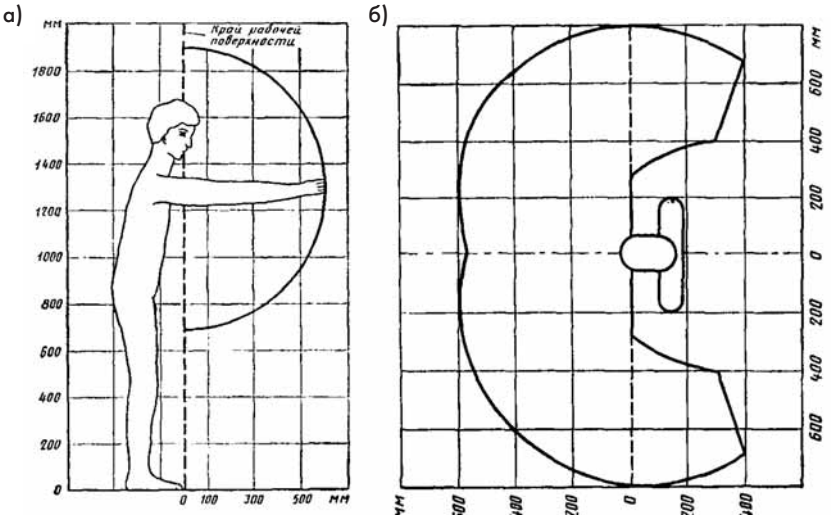


Рис. 2. **Зона досягаемости моторного поля в вертикальной (а) и горизонтальной плоскости (б)**

нимают во внимание определенные траектории движения тела и гибкости. В отличие от статических антропометрических характеристик, которые оценивают работу отдельных частей тела человека независимо друг от друга, динамические являются комплексной оценкой. Например, реальный предел досягаемости рукой не характеризуется только длиной руки, на него также оказывают влияние движение плеча, вращение туловища, возможный изгиб спины и сама целевая функция, для выполнения которой рука вытягивается. Эти и другие факторы делают сложной или, по крайней мере, очень рискованной попытку решения анализа рабочего места только на основе статических антропометрических характеристик.

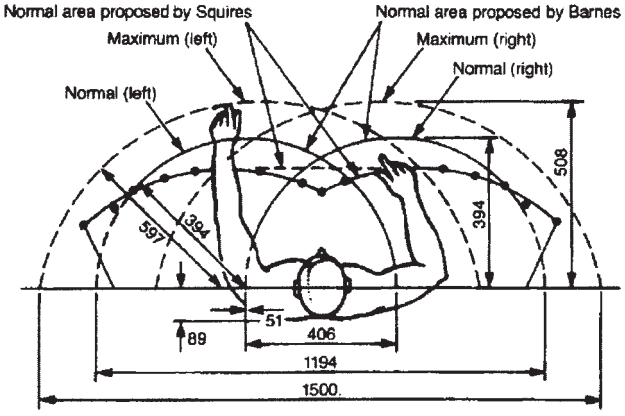


Рис. 3. **Статические и динамические характеристики зон досягаемости**

При выборе антропометрических характеристик наиболее целесообразно использовать динамические характеристики из западных стандартов, но стоимость такого моделирования несравнима со стоимостью статического моделирования. В связи с этим при постановке задачи по анализу зон обслуживания в трехмерной модели конкретного корабля ФГУП «51 ЦКТИС» приняло решение выполнять анализ на основе статических антропометрических характеристик.

Результаты анализа. В процессе анализа зон обслуживания было отобрано оборудование, оказывающее важное значение на боевые качества корабля: главный двигатель (дизель-дизельный агрегат), дизель-генератор, а также оборудование, входящее в системы, обеспечивающие их работоспособность, — топливная, масляная, охлаждения забортной водой и т. д. Основная часть оборудования этих систем находится в трех помещениях: дизель-генераторное отделение (ДГО), носовое машинное отделение (НМО) и кормовое машинное отделение (КМО).

При формировании трехмерной модели корабля в системе FORAN предварительно для всего оборудования были разработаны справочники, в которых в состав модели включались обозначения мнимых (не существующие в реальности) границ необходимого технологического пространства для проведения ремонта или технического обслуживания оборудования (рис. 4).

Такая доработка моделей корабельного оборудования в справочниках позволила уже на стадии включения трехмерных моделей оборудования в состав модели корабля провести первичный анализ ремонтопригодности оборудования. Например, при добавлении из справочника оборудования трехмерной модели дизель-генератора в модель корпусных конструкций помещения ДГО было выявлено, что для ремонта или обслуживания ротора генератора необходимо предусмотреть возможность выполнения технологического выреза в водонепроницаемой переборке 58 шп. (рис. 5).

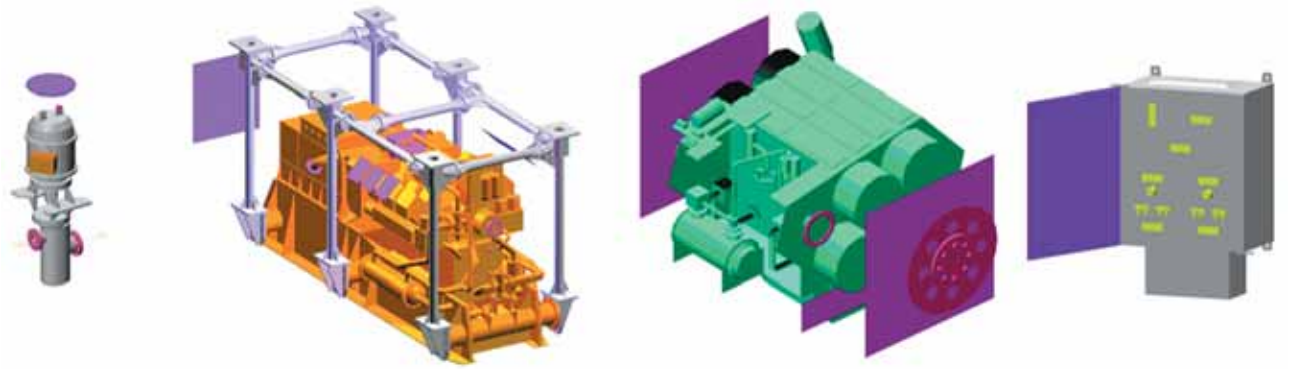


Рис. 4. **Примеры трехмерных моделей оборудования в справочнике системы FORAN с обозначенным пространством для проведения ремонта и технического обслуживания**

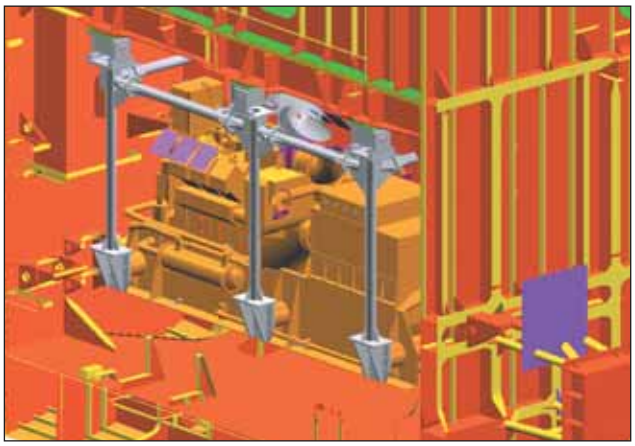


Рис. 5. **Пересечение зоны обслуживания дизель-генератора с корпусными конструкциями**

Для малогабаритного оборудования, входящего в состав систем энергетической установки, наиболее типичными являлись проблемы взаимного размещения элементов обстройки корабля в технологическом пространстве оборудования (рис. 6).

Анализ зон обслуживания по антропометрическому критерию выполнялся в так

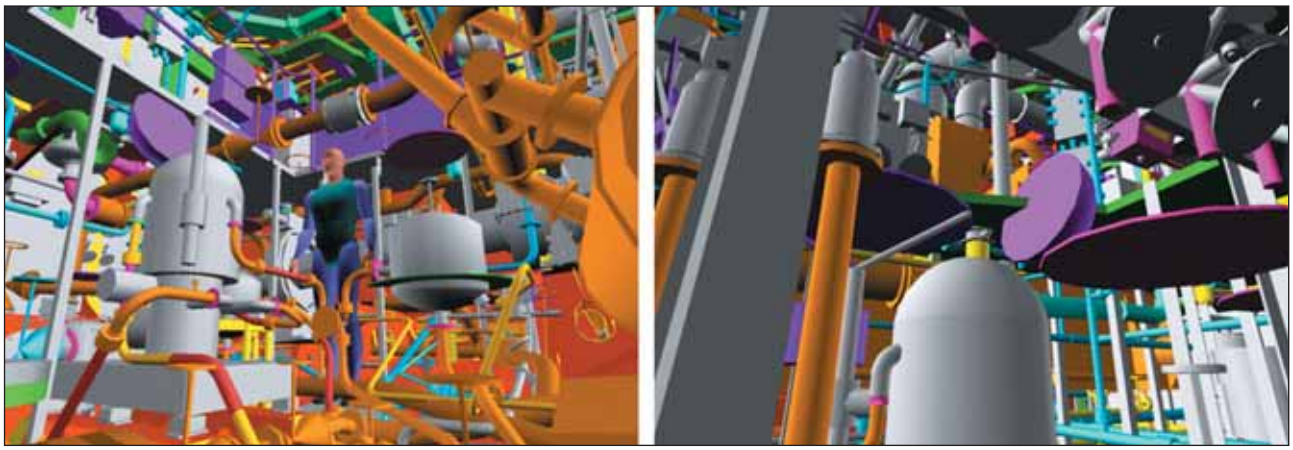


Рис. 6. **Пересечение технологического пространства сепараторов с настилами**

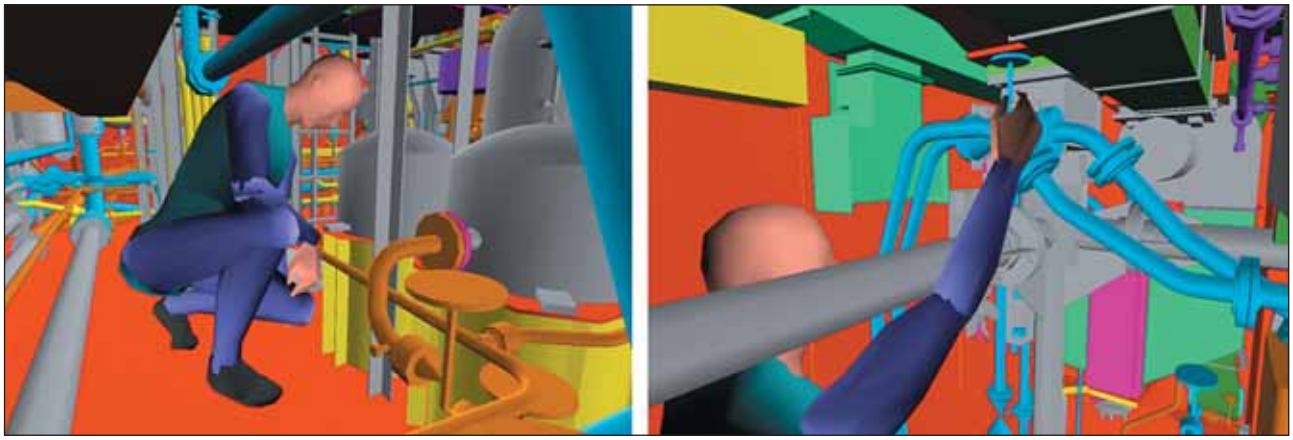


Рис. 7. **Подбор оптимальных антропометрических характеристик виртуального человека при нахождении в зоне обслуживания оборудования**

называемом модуле «Виртуальная реальность» системы FORAN в два этапа с применением манекена виртуального человека: на первом выявлялось оборудование, подход к которому затруднен, т. е. маршрут движения членов экипажа частично или полностью загорожен элементами другого оборудования, систем или корпусными конструкциями корабля; на втором определялись оптимальные антропометрические характеристики манекена виртуального человека, позволяющие выполнять предупредительные ремонтные работы в походных условиях, а также определялась возможность применения в зонах обслуживания приборов неразрушающего контроля (рис. 7).

Выводы. Выполненные работы показали практическую выполнимость анализа на трехмерной модели зон обслуживания оборудования на ранних этапах жизненного цикла корабля. Первичный анализ ремонтопригодности на примере конкретного корабля показал, что при разработке ремонтной и эксплуатационной документации по большому количеству оборудования необходимо будет видоизменять технологические пространства, предназначенные для ремонта и технического обслуживания. По результатам первого этапа анализа по антропометрическому критерию были сформированы запросы в проектное бюро по изменению компоновки (расчистки) маршрутов подхода к оборудованию; по результатам второго была разработана таблица с предложениями по антропометрическим характеристикам членов экипажа конкретной боевой части, отвечающей за эксплуатацию соответствующего оборудования. В случае, если выявленные антропометрические характеристики намного превышали или намного ниже средних значений, то для такого оборудования были сформированы запросы в проектное бюро по изменению его расположения.

В декабре 2005 г. результаты выполненной под руководством ФГУП «51 ЦКТИС» работы по макетированию общего расположения элементов оборудования и прокладки линий трубопроводов общекорабельных систем и систем энергетической установки были оценены положительно Экспертным советом при ГК ВМФ, а в качестве рекомендаций было предложено продолжить подобные работы для всех вновь строящихся для ВМФ кораблей. Опыт ФГУП «51 ЦКТИС» доказывает целесообразность рассмотрения вопросов ремонтопригодности корабельного оборудования и систем (и не только в части, касающейся зон обслуживания) на ранних этапах жизненного цикла корабля в виде отдельной научно-исследовательской работы.

Литература

1. Обеспечение соответствия трехмерной модели корабля фактическому состоянию объекта/*Г. Н. Муру, А. В. Рудаков, В. С. Трубицын, В. А. Стародубов*//Технология судоремонта. 2005. № 2.
2. ГОСТ 12.2.032—78. ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. Постановление Госстандарта СССР от 26.04.1978. № 1102.
3. ГОСТ 12.2.033—78. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования. Постановление Госстандарта СССР от 26.04.1978. № 1100.
4. DEF STAN 0025 Human Factors for Designers of Systems. Part 19: Human Engineering Domain. (Учет возможностей человека при проектировании).

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОТДЕЛ

МЕМОРИАЛЬНЫЙ КОРАБЛЬ «МИКАСА»

Осенью 2005 г. ведущие специалисты Центрального военно-морского музея (Санкт-Петербург) приняли участие в работе международных научных конференций, организованных японскими университетами Яманаси Гакуин (г. Сакаори, префектура Яманаси) и Канагава (г. Йокогама, префектура Канагава). В ходе этих поездок ученый секретарь ЦВММ С. Д. Климовский и главный художник ЦВММ К. П. Губер посетили в г. Йокосука мемориальный корабль — эскадренный броненосец «Микаса». Это второй, наряду с крейсером «Аврора», дошедший до наших дней корабль — участник Цусимского сражения 27—28 мая 1905 г. Информацией о корабле «Микаса» и своими впечатлениями от увиденного на его борту авторы делятся в публикуемой ниже статье.

Эскадренный броненосец «Микаса» был построен по программе 1896—1897 гг. и в период русско-японской войны 1904—1905 гг. являлся самой крупной боевой единицей броненосного флота Страны восходящего солнца. Он был заложен 24 января 1899 г. на верфи компании Vickers Sons & Maxim в г. Барроу (Великобритания), спущен на воду 8 ноября 1901 г., вступил в строй 1 марта 1902 г. (все даты по новому стилю). Наибольшая длина корабля 131,7, ширина 23,2, высота борта 13,2, осадка 8,3 м, водоизмещение — 15 140 т. Главная энергетическая установка (25 котлов системы Бельвиля и две трехцилиндровые паровые машины общей мощностью 15 000 л. с.) позволяла развивать скорость хода 18 уз (на ходовых испытаниях в декабре 1901 г. — 18,45 уз при мощности 16 431 л. с.). Масса машинно-котельной установки составляла 1355 т. Нормальный запас угля 1000, полный — 2000 т. Дальность плавания достигала 9000 миль при скорости 10 уз.

Главную противоснарядную защиту составлял броневой пояс из гарвей-никелевой стали толщиной 229 мм в средней части корабля на протяжении 47,5 м. В оконечностях толщина броневого пояса уменьшалась до 178 и 102 мм, и замыкался он 152-мм броневыми траверзами. Броневой пояс опускался ниже ватерлинии на 1,6 м, а верхней своей кромкой поднимался над ней на 0,76 м, примыкая к 152-мм броне цитадели, которая шла до верхней палубы. Эта цитадель составляла главную характерную черту броневой защиты броненосца «Микаса». Она не только защищала пространство выше главного броневого пояса и батарею 152-мм орудий на главной палубе, но и заменила обычные на броненосцах того времени казематы, надежно прикрыв прислугу и артиллерию среднего калибра. Боевая рубка была защищена 356-мм броней, наблюдательная кормовая рубка — 76-мм. Под главной палубой находилась броневая палуба толщиной 51 мм в горизонтальной части и 76 мм — на бортовых скосах.

«Микаса» на вечной стоянке

Артиллерийское вооружение состояло из четырех 305-мм орудий с длиной ствола 40 калибров, установленных попарно в носовом и кормовом барбетах с броневой защитой толщиной 356 мм выше верхней палубы и 254 мм — в нижней части. Скорострельную артиллерию среднего калибра составляли четырнадцать 152-мм орудий с длиной ствола 45 калибров, десять из которых были установлены в верхней цитадели и четыре — на верхней палубе, в казематах. Кроме того, имелось двадцать 76-мм, двенадцать 47-мм скорострельных пушек и четыре пулемета. Масса снарядов, выбрасываемых из всех этих орудий в одну минуту, составляла 11,5 т. Торпедное вооружение было представлено четырьмя 457-мм подводными аппаратами — по два в носу и корме. Экипаж насчитывал 860 чел.

С февраля 1904 г. по август 1905 г. броненосец под командованием капитана Хикодзиро Идзити участвовал в операциях русско-японской войны в качестве флагманского корабля командующего Соединенным флотом адмирала Хейхатиро Того. В бою в Желтом море 10 августа 1904 г. «Микаса» получил 20 попаданий, 33 человека было убито и 92 ранено. В Цусимском сражении в корабль попали десять 305-мм снарядов, 22 — 152-мм; потери в

В каземате — манекены комендоров у 152-мм орудия

личном составе — 8 убитых и 105 раненых.

Спустя шесть дней после подписания Портсмутского мирного договора (в ночь на 12 сентября 1905 г.) в результате возгорания и взрыва кормового погреба боезапаса «Микаса» затонул в гавани военно-морской базы Сасебо на глубине 11 м. Из 935 членов экипажа погибло 256 чел., ранено 343 (по другим данным количество жертв составило 339 чел.). В начале августа 1906 г. броненосец был поднят, затем отремонтирован, перевооружен и 24 августа 1908 г. вновь вступил в строй.

С 1 апреля 1908 г. корабль был включен в состав 1-го флота в качестве флагманского корабля. В декабре 1914 г. его перевели во 2-й флот и спустя два года — в 3-й. Осенью 1918 г. корабль осуществлял патрулирование берегов Приморья. В сентябре 1921 г. бывший броненосец перечислили в корабли береговой обороны 1-го класса. В том же месяце, участвуя в вооруженной интервенции против Советской России, «Микаса» в густом тумане сел на мель у о. Аскольд близ Владивостока, но вскоре был снят с камней. После временного докового ремонта во Владивостоке корабль перешел в Майдзуру. Активная служба «Микасы» подошла к концу, и корабль зачислили в резерв.

По условиям Вашингтонского договора 1921 г. «Микаса» был разоружен, его перевели в военно-морскую базу Йокосука. Корабль пострадал во время Великого токийского землетрясения 1 сентября 1923 г. и 20 сентября того же года был исключен из состава флота. На заседании кабинета министров Японии в апреле 1925 г. было принято решение сохранить «Микаса» как мемориальный корабль. Командир военно-морской базы Йокосука получил соответствующее предписание, и в июне начались ремонтные работы. 29 августа того же года было основано Общество сохранения «Микаса». Несмотря на ряд трудностей, в г. Йокосука (у набережной Сиранама) корабль ввели в специально сооруженный док, засыпали по ватерлинию землей и забетонировали. На корабль вернули его вооружение и оборудование. Ремонтные работы завершились 10 ноября 1926 г., 12 ноября состоялась церемония открытия мемориального корабля «Микаса», на которой присутствовали принц-регент (будущий император Хирохито) и адмирал Того.

После поражения Японии во второй мировой войне и высадки в августе 1945 г. на ее территорию американских войск оккупационные власти развернули беспрецедентную кампанию по уничтожению памятников военной истории поверженной державы. В их числе оказался и «Микаса», который рассматривался американцами как один из главных символов японского милитаризма. Уже 20 августа 1945 г. корабль был конфискован оккупационными властями, позднее все его вооружение демонтировали. Общество сохранения «Микаса» было распущено, сам корабль предан забвению.

Корабль начали разбирать, демонтировали все надстройки, сняли рангоут и дымовые трубы, приступили к корпусу, и «Микаса» оказался на грани полного уничтожения. Палуба корабля в средней части одно время использовалась как танцевальный зал для американских военнослужащих. Однако начавшаяся к тому времени «холодная война», можно сказать, спасла корабль. Для США в борьбе с СССР понадобились новые союзники, в числе которых рассматривался недавний противник — Япония. К уничтожению мемориального корабля «Микаса», вернее ликвидации того,

У входа на корабль-музей

Артиллерия главного калибра и боевая рубка броненосца

что от него осталось, оккупационные власти уже не стремились. В январе 1948 г. командующий ВМС США передал корабль мэру г. Йокосука. К этому времени «Микаса» полностью потерял облик мемориального корабля и находился в крайне разрушенном состоянии.

В то же время в Японии нарастала волна требований восстановить исторический корабль, в особенности после социального переустройства страны в 1958 г. Еще в ноябре 1948 г. было воссоздано Общество сохранения «Микаса». Оно начало кампанию по сбору средств на восстановление корабля. Правительство Японии также открыло финансирование для этой цели. При финансовой поддержке американских военных, а также японской общественности в октябре 1959 г. на корабле начались восстановительные работы, которые завершились в мае 1961 г. Стоимость ремонта составила 180 млн иен. Мемориальный корабль был восстановлен в своем первоначальном виде на прежнем месте у набережной Сиранама.

27 мая 1961 г., в 56-ю годовщину Цусимского сражения, состоялась церемония открытия возрожденного мемориального корабля «Микаса», на которой присутствовал наследный принц Йосино (нынешний император Японии). 27 мая 1967 г. на территории мемориала был открыт памятник адмиралу Того. Корабль неоднократно посещали члены японского императорского дома и другие высокопоставленные лица.

В марте 2005 г., в канун 100-летия Цусимского сражения, была завершена реэкспозиция выставочных залов. В настоящее время, как и прежде, мемориал содержится на средства Общества сохранения «Микаса», которое находится под юрисдикцией Агентства национальной обороны Японии. Почетный президент Общества — Харуо Нацуме, президент — Акира Хиёси, вице- президенты: вице-адмиралы в отставке Тосихико Ходзуми, Тамэо Оки, Кадзухико Одзава, адмирал в отставке Фумио Окабэ. Исполнительный директор Общества — вице-адмирал в отставке Тадаси Сато, генеральный секретарь — контр-адмирал в отставке Цуёси Цукуда. Как видно, главенствующую роль в руководстве Общества играют отставные адмиралы морских сил самообороны Японии.

Экспозиция начинается прямо у парадного трапа. Первое впечатление: это подлинный корабль начала прошлого века. Но при взгляде на надстройки, рангоут, дымовые трубы и палубное оборудование первоначальное впечатление несколько блекнет. Видно, что многие конструкции изготовлены с применением электросварки и с имитацией в ряде случаев заклепок. Особенно это заметно при взгляде на кажующиеся бутафорскими стволы орудий главного калибра (подлинные, вероятно, безвозвратно утрачены). Некоторые элементы вооружения и палубного оборудования представлены более поздними образцами. В этом отношении наша «Аврора» выглядит более привлекательной и достоверной. Впрочем, сильное впечатление оставляет посещение ходового мостика броненосца, на деревянном настиле которого небольшими латунными кругами с соответствующими надписями показаны места, на которых находились адмирал Того, чины его штаба, командование корабля, дальномерщики и сигнальщики во время Цусимского сражения.

Интерьер боевой рубки

Спустившись на юте с верхней палубы на батарейную, приступаем к осмотру экспозиции корабельного музея. Она открывается стендами, посвященными трем самым известным в мире (по версии авторов экспозиции) и сохранившимся до наших дней историческим кораблям: «Микаса», «Виктори» (Великобритания) и «Конститьюшн» (США), а также трем самым известным адмиралам: Того, Нельсону и Полю Джонсу (?!). Далее следует экспозиция, посвященная колониальной политике (!) западных держав в Восточной Азии, созданию японского флота и его участию в японо-китайской войне 1894—1895 гг. Ряд экспокомплексов посвящен началу русско-японской войны, событиям в Чемульпо и действиям японского флота против Порт-Артура.

Интерьер адмиральского салона и каюта адмирала Того

В одном из казематов — группа манекенов комендоров, обслуживающих 152-мм орудие. В кормовой части корабля воссоздана обстановка каюты адмирала Того и адмиральского салона. В последнем — в полный рост портрет адмирала и походный алтарь. В одной из кают воспроизведен офицерский санитарный блок того времени.

Самый крупный зал экспозиции в кормовой части батарейной палубы посвящен главному разделу — Цусимскому сражению. В нем представлены материалы по формированию и переходу на Дальний Восток 2-й Тихоокеанской эскадры и боевой подготовке японского флота накануне сражения. Демонстрируется подробная карта-схема плавания 2-й эскадры, отдано должное беспримерному мужеству русских моряков, совершивших 18 000-мильный переход. В центре зала — большая модель первого в японском флоте эскадренного броненосца «Фудзи» и крупный электрифицированный макет, на котором показаны различные фазы сражения. На макете передвигаются кильватерные колонны миниатюрных русских и японских кораблей, появляются вспышки и раздаются звуки орудийных выстрелов, вырастают вспышки от падений снарядов. В витринах — реликвии с японских кораблей — участников сражения. На фотоснимке большого формата показан известный эпизод сдачи отряда контр-адмирала Н. И. Небогатова; демонстрируется фотоаппарат, которым был сделан этот снимок.

Отдельный экспокомплекс посвящен адмиралу Хейхатиро Того. Здесь представлены его портреты, три принадлежавших ему мундира, отпечаток ладони, его автографы и многое другое. На впечатляющем живописном полотне японский художник изобразил ходовой мостик броненосца «Микаса» со всеми находившимися на нем во время Цусимского сражения лицами во главе с Того.

Вид на спардек

Ряд экспозиционных комплексов посвящен дальнейшей судьбе броненосца «Микаса», трагедии в ночь с 11 на 12 сентября 1905 г. (в ходе экскурсии даже проводится аналогия с 11 сентября 2001 г. в Нью-Йорке) и другим событиям вплоть до воссоздания мемориального корабля после второй мировой войны.

В целом посещение мемориального корабля «Микаса» оставляет неизгладимое впечатление. Отрадно, что в Японии и в России бережно сохраняются мемориальные корабли — участники Цусимского сражения. Видимо, настало время установить между коллективами обоих кораблей-музеев — «Аврора» и «Микаса» — плодотворные творческие связи. Прошло сто лет после окончания русско-японской войны, пришло время взаимопонимания, добрососедства и дружбы.

Литература

Броненосец «Микаса»//ФлотоМастер. 2005. № 2.
Военные флоты и морская справочная книжка на 1901 год. В.К.А.М. СПб., 1901.
Короткин И. М. Аварии и катастрофы кораблей. Л.: Судостроение, 1977.
Нехаев К. К. Поднятие затонувших судов. Берлин, 1923.
Сулига С. Корабли русско-японской войны. Вып. 2. Японский флот [б. м.], 1995.
Jentschura H., Jung D., Mickel P. Warships of the Imperial Japanese Navy, 1869—1945. L., 1999.
Memorial ship MIKASA. Yokosuka [s. a.].

С. Д. Климовский, К. П. Губер (ЦВММ)

Фото К. П. Губера

СОСТАВ ВОЕННО-ПРОМЫШЛЕННОЙ КОМИССИИ ПРИ ПРАВИТЕЛЬСТВЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Утвержден постановлением Правительства РФ от 7 мая 2006 г. № 278

Иванов С. Б. — заместитель Председателя Правительства РФ — министр обороны РФ (председатель Комиссии)

ПОСТОЯННЫЕ ЧЛЕНЫ ВОЕННО-ПРОМЫШЛЕННОЙ КОМИССИИ (ВПК) ПРИ ПРАВИТЕЛЬСТВЕ РФ:

Путилин В. Н. — первый заместитель председателя ВПК — министр РФ

Балуевский Ю. Н. — начальник Генерального штаба Вооруженных Сил РФ — первый заместитель министра обороны РФ

Бобрышев А. П. — член ВПК

Боровков И. В. — директор Департамента оборонной промышленности и высоких технологий Правительства РФ

Гоев А. И. — член ВПК

Греф Г. О. — министр экономического развития и торговли РФ

Кудрин А. Л. — министр финансов РФ

Лычагин М. И. — директор Административного департамента Правительства РФ

Поспелов В. Я. — член ВПК

Христенко В. Б. — министр промышленности и энергетики РФ

ЧЛЕНЫ ВПК ПРИ ПРАВИТЕЛЬСТВЕ РФ:

Алешин Б. С. — руководитель Роспрома

Бурутин А. Г. — советник Президента РФ (по согласованию)

Григоров С. И. — директор ФСТЭК России

Демченко Ю. К. — заместитель директора СВР России

Заварзин В. М. — председатель Комитета Государственной Думы по обороне (по согласованию)

Кириенко С. В. — руководитель Росатома

Климашин Н. В. — руководитель Научно-технической службы ФСБ России

Лаверов Н. П. — вице-президент Российской академии наук (по согласованию)

Московский А. М. — начальник вооружения Вооруженных Сил РФ — заместитель министра обороны РФ

Озеров В. А. — председатель Комитета Совета Федерации по обороне и безопасности (по согласованию)

Перминов А. Н. — руководитель Роскосмоса

Суходольский М. И. — заместитель министра внутренних дел РФ

Чемезов С. В. — генеральный директор ФГУП «Рособоронэкспорт»

Военно-промышленная комиссия при Правительстве РФ является постоянно действующим органом, осуществляющим организацию и координацию деятельности федеральных органов исполнительной власти по реализации государственной политики по военно-промышленным вопросам, а также военно-технического обеспечения обороны страны, правоохранительной деятельности и безопасности государства.

Основными задачами ВПК являются организация и координация деятельности федеральных органов исполнительной власти по вопросам:

а) реализации Основ военно-технической политики РФ на период до 2015 г. и дальнейшую перспективу и Основ политики РФ в области развития оборонно-промышленного комплекса на период до 2010 г. и дальнейшую перспективу;

б) разработки концепций, программ и планов в области военно-технического обеспечения обороны страны, правоохранительной деятельности и безопасности государства, реализации этих концепций, программ и планов и контроля за их исполнением;

в) разработки, производства и утилизации вооружения, военной и специальной техники;

г) мобилизационной подготовки государства;

д) развития оборонно-промышленного комплекса, науки и технологий в интересах обеспечения обороны страны, правоохранительной деятельности и безопасности государства;

е) осуществления экспортно-импортных поставок продукции военного и двойного назначения.

НОВЫЕ КНИГИ

В Санкт-Петербургском издательстве «МорВест» в 2005 г. вышла книга В. Л. Александрова, А. П. Матлаха и В. И. Полякова «Борьба с вибрацией на судах» (ISBN 5-9900314-3-2). Авторы — известные в отрасли специалисты в области вибрации судов и строительной механики корабля. В книге рассматриваются вопросы снижения вибрации в местах пребывания пассажиров и экипажа на транспортных судах различных типов и пассажирских судах на подводных крыльях.

Основное внимание уделено расчетным методам и алгоритмам, позволяющим на ранней стадии проектирования с достаточной степенью достоверности прогнозировать параметры собственных и вынужденных колебаний корпусных конструкций. Наряду с традиционными задачами теории вибрации судов, в книге рассмотрен такой специальный вопрос, как вибрация судовых конструкций в скоростном потоке жидкости. Большое внимание уделено экспериментальным методам исследований и практическим средствам снижения вибрации. В книге обобщен 15-летний опыт совместных исследований «Адмиралтейских верфей» и НПО «Полярная звезда» по проблемам улучшения вибрационных условий обитаемости на транспортных судах.

Книга объемом 424 стр. с ил. рассчитана на специалистов заводов, конструкторских бюро и НИИ, занимающихся проектированием и постройкой судов. Она будет полезна также студентам и аспирантам кораблестроительных специальностей. Книгу можно приобрести в НПО «Полярная звезда» (тел. 812-7571222, факс 812-7572177), а также в магазинах технической книги Санкт-Петербурга.

Издательство «Судостроение» (Санкт-Петербург) в 2006 г. выпус-

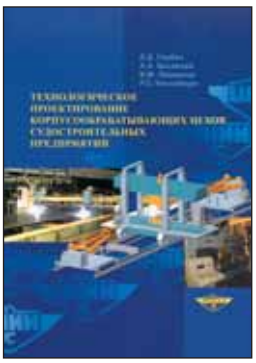
тило в свет книгу С. А. Андреева, В. С. Головченко, В. Д. Горбача и В. Л. Руссо «Основы сварки судовых конструкций» (ISBN 5-7355-0669-2). Это учебник рекомендуется для студентов, обучающихся по специальности «Кораблестроение и океанотехника». Он подготовлен в соответствии с учебным планом по теме «Сварка судовых конструкций» и может также использоваться студентами, обучающимися по специальности «Оборудование и технология сварочного производства», инженерно-техническими работниками, работающими в области проектирования и постройки судов. Книга знакомит с физической сущностью процесса сварки и разновидностью ее способов и методов расчета, технологией сварки различных видов стали, цветных металлов и сплавов, способами наплавки. В книге широко использованы результаты последних исследований в области сварки, учтен опыт и достижения заводов и верфей, отражены изменения, произошедшие в производстве судовых корпусных конструкций за последние 25 лет. Объем книги 552 стр. с ил.

Санкт-Петербургский государственный морской технический университет издал в 2006 г. учебник В. К. Румба и В. В. Медведева «Прочность судового оборудования. Часть I. Конструирование и расчеты прочности судовых двигателей внутреннего сгорания» (ISBN 5-88303-362-8). Он предназначен для студентов, обучающихся по специальности «Судовое оборудование», может быть рекомендован также студентам специальностей «Судовые энергетические установки» и «Двигатели внутреннего сгорания». Книга будет полезна и специалистам, занимающимся разработкой, модернизацией и эксплуатацией судовых дизелей. В учебнике рассмотрены этапы проектирования судовых дизелей, основы конструирования и расчета прочности их деталей. Приведены теоретические положения методов расчета на статическую прочность и на выносливость. Даны рекомендации по использованию вероятностных методов расчета прочности и долговечности, включая оценку остаточного ресурса деталей с трещинами. Показано применение численных методов и метода конечных элементов для определения напряженно-деформированного состояния деталей двигателей. Большое внимание уделено расчетам колебаний валопроводов. Отражены и технологические приемы изготовления деталей двигателей. Объем книги 536 стр. с ил.

ГНЦ РФ — ФГУП ЦНИИТС выпустил в октябре 2005 г. книгу В. Д. Горбача. А. А. Васильева, В. М. Левшакова и Р. С. Нисенбаума «Технологическое проектирование корпусообрабатывающих цехов судостроительных предприятий» (ISBN 5-902241-08-1). В этом научно-техническом издании (объем 148 стр. с 70 ил. и 57 табл.) рассмотрены современные технологические процессы и оборудование, используемые в корпусообрабатывающих цехах судостроительных предприятий при складировании, предварительной обработке, резке, маркировке, разметке, формообразовании и комплектации деталей из листового и профильного металлопроката. Приведены типовые организационно-технологические схемы цехов предприятий с различным объемом обработки металлопроката. Рассмотрены вопросы технологического проектирования корпусообрабатывающих цехов, архитектурно-планировочные решения цехов и технико-экономические аспекты обоснования проектных решений. Книга рассчитана на инженерно-технических работников судостроительных предприятий и проектных организаций и может служить учебным пособием для студентов судостроительных высших учебных заведений и колледжей. Книга также может быть интересна специалистам машино-, вагоно- и автомобилестроительных предприятий и предприятий строительной индустрии, интересующимся современными технологиями обработки металлопроката.

ГНЦ РФ — ФГУП ЦНИИТС выпустил в марте 2006 г. книгу В. Д. Горбача и А. Я. Розинова «Основы теории и технологии акустического контроля локальной герметичности судовых конструкций» (ISBN 5-902241-09-X). В этом научно-техническом издании (объем 94 стр. с 28 ил. и 7 табл.) содержатся основные понятия контроля локальной герметичности; анализ современного состояния существующих разработок контроля локальной герметичности; научные положения акустического контроля локальной герметичности с применением сжатого воздуха, акустического излучения и жидкостных индикаторов; технологические принципы проведения акустического контроля локальной герметичности с учетом особенностей контролируемых объектов, необходимых условий и порядка проведения контроля; эффективность акустического контроля локальной герметичности и перспективы совершенствования этого вида контроля. Книга предназначена для работников судостроительных и судоремонтных предприятий, специалистов контролирующих служб этих предприятий, классификационных обществ и служб заказчика, сюрвейеров и студентов технических университетов.

Заявки на две последние книги можно направлять в ФГУП ЦНИИТС (тел.: 812-7860530, факс: 812-7860459).



ЗАРУБЕЖНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

SMM 2006

Двадцать вторая международная специализированная выставка в области судостроения, судоходства, портового хозяйства, судового машиностроения и новейших морских технологий — Shipbuilding, Machinery and Marine Technology (SMM 2006), в которой ожидается участие около 1500 экспонентов примерно из 50 стран, пройдет 26—29 сентября 2006 г. в Гамбурге. Организатор выставки — Hamburg Messe und Congress GmbH. В этом году с национальными экспозициями выступят 22 страны, в том числе впервые — Аргентина, Канада, Австрия, Польша и Румыния. Новинки техники будут демонстрироваться в 11 павильонах, в том числе в трех новых, ультрасовременных. Общая площадь экспозиции 70 000 м^2, что на 5000 м^2 больше предыдущей выставки. Ожидается, что число посетителей достигнет 40 000.

С национальной экспозицией, организованной ООО «Пролог» и представительством Hamburg Messe und Congress GmbH в России, выступят на SMM 2006 российские предприятия и организации. Это ФГУП «Адмиралтейские верфи», Российский морской регистр судоходства, Объединенная промышленная корпорация, ОАО «Балтийский завод», ОАО СЗ «Северная верфь», ОАО «ЭлектроРадиоАвтоматика», ОАО «Выборгский судостроительный завод», МНП-Групп (ОАО «Астраханский завод им. III Интернационала», ОАО «Волгоградский судостроительный завод», ОАО «Завод "Красное Сормово"», ОАО «Завод "Нижегородский Теплоход"», ОАО СЗ «Лотос»), ОАО «Трансмашхолдинг» (ОАО «Брянский машиностроительный завод», ОАО «Коломенский завод», ОАО «Пензадизельмаш»), ФГУП ЦНИИТС, ООО «Ладога-Сервис», ЗАО «Судомеханизм», ЗАО НПО «Композит», ОАО «Северо-Западное пароходство», ОАО «Невский судостроительно-судоремонтный завод», ОАО «Окская судоверфь», ОАО «Концерн средне- и малотоннажного кораблестроения» (ОАО СЗ «Вымпел», ОАО ПСЗ «Янтарь», ОАО «Амурский судостроительный завод»), ООО «Нева-Металл Трейд», ОАО «Компрессор», ЗАО ЦНИИСМ, ОАО «Пролетарский завод», ЗАО ВТФ «Судмаш», ИНМОР-Групп, ООО «Компания "Дело"», а также одесский судомодельный центр «Альбатрос». На отдельном стенде будет представлена экспозиция Правительства Санкт-Петербурга и его Комитета экономического развития, промышленной политики и торговли, ООО «Пролог».

ЛИДЕРЫ СУДОСТРОЕНИЯ

По данным Lloyd's Register в течение первых трех кварталов 2005 г. судостроительные верфи мира построили 1473 судна вместимостью 21,53 млн компенсированных регистровых тонн (крт). Большая часть тоннажа — 17 млн крт или более 75% — приходится на три страны: Южную Корею, Японию и Китай. Первое место занимала Южная Корея (35,5%), второе и третье — Япония (29,5%) и Китай (13,9%). Эти страны оставили далеко позади европейцев. Германия заняла четвертое место лишь с показателем 3,7%. Далее следуют Польша (2,1%), Италия (1,7%), Хорватия (1,4%), США (1,3%), Тайвань (1,2%) и Турция (1,2%).

По типам построенных судов лидируют танкеры — это 347 судов вместимостью 6,9 млн крт или 31%, затем контейнеровозы (5,19 млн крт, 24,1%), балкеры (4,12 млн крт, 19,1%) и газовозы (1,04 млн крт, 4,9%).

Однако по числу заказов, полученных на новые суда за 9 мес 2005 г., первое место заняли контейнеровозы — 426 ед. вместимостью 10,15 крт или 34,9%. Они опередили танкеры (20,3%) и балкеры (10,3%).

Всего к концу сентября 2005 г. мировой портфель заказов включал в себя 5292 судна суммарной вместимостью 100,7 млн крт.

При этом значительная доля приходилась на Южную Корею — 1143 судна (37,67 млн крт, 37,4%). На втором месте Япония (25,62 млн крт, 25,4%), на третьем — Китай (14,3%). На верфи Европы пришлось всего 4%. Следует отметить новое имя в десятке лидеров — Турцию (*SMM — News. 3/2006*).

КОНТЕЙНЕРНЫМ ПЕРЕВОЗКАМ НА МОРЕ — 50 ЛЕТ

Первые рейсы специализированных судов-контейнеровозов (в этом качестве выступали переоборудованные универсальные сухогрузы) состоялись в 1956 г. У истоков этой идеи стоял американец Malcom McLean (1914—2001) — основатель теперешней компании Sea-Land Service. Он отстаивал интересы торговцев, которых, в принципе, не интересуют, как товары будут доставляться, главное — стоимость и продолжительность транспортировки. Стандартизация морских контейнеров (ISO) повлекла за собой революционные преобразования не только

Контейнеровоз «MSC Pamela», построенный в 2005 г. на GI-класс южнокорейской верфью Samsung Heavy Industries для компании MSC Mediterranean Shipping. Длина наибольшая 336,64 м, ширина 45,6 м, высота борта 27,2 м, валовая вместимость 107849 рег. т, контейнеровместимость 9200 TEU

в судостроении, но и в автомобильном (трейлеры) и железнодорожном транспорте, портовом хозяйстве, обеспечив бесперевалочную доставку грузов «от двери к двери». В начале контейнеровозы совершали рейсы между портами побережья США. Первое поколение таких судов перевозило до 800 TEU, второе — до 1500 TEU, третье — до 3100 TEU. Первоначально максимальные размеры контейнеровозов (4000 TEU) лимитировались параметрами Панамского канала (ширина судна не должна превышать 32,2 м). В дальнейшем, с развитием в мире контейнерных перевозок стали доминировать post-panamax контейнеровозы. Сейчас уже стали обычными суда, вмещающие до 8000 TEU и выше.

На 1 января 2006 г. по данным ISL Fleet Database (суда валовой вместимостью 300 рег. т и выше) мировой флот контейнеровозов состоял из 3525 судов, построенные по правилам GL (41%), ABS (12,2%), NK (11,7%), LR (11,5%), CCS (5,1%), BV (4,4%), DNV (3,9%), KR (3,6%) и других (6,6%) классификационных обществ. Портфель заказов на контейнеровозы на эту же дату включал в себя 1167 судов: GL — 50,3%, LR — 13,3%, ABS — 6,9%, NK — 6,3%, BV — 4,5%, KR — 3,9%, DNV — 2,3%, CCS — 0,9%, RS — 0,1%, другие классификационные общества — 11,5%.

В память об Malcom McLean — отце контейнеризации — United States Merchant Marine Academy (Kings Point) намерена открыть «McLean Container Center» с различными историческими материалами по данной теме в American Maritime Museum (*Germanischer Lloyd boxmail. 2006. Issue 2*).

ИНВЕСТИЦИИ ВО ФЛОТ ГАЗОВОЗОВ

На 1 января 2006 г. мировой портфель заказов на суда-газовозы для транспортировки сжиженного природного газа (LNG) включал в себя 130 судов, для постройки которых в ближайшие пять лет потребуется около 26 млрд дол. — сумма, эквивалентная более чем 50% затрат на постройку в течение второй мировой войны 2710 транспортных судов по программе «Liberty Ship program», которые обошлись в 4,7 млрд дол. (1945 г.), что соответствует те-

Газовоз «Energy Advance» с грузовыми танками объемом 145410 м^3

перешним 47 млрд дол. Причем стоимость строящихся газовозов составит лишь около трети всех глобальных расходов, которые мировой энергетический бизнес намеревается вложить в LNG-инфраструктуру. В сумме затраты вместе с LNG-железнодорожными составами (31 млрд дол.) и отгрузочными LNG-терминалами (14,5 млрд дол.) могут превысить 71 млрд дол. — это две трети инвестиций, предусмотренных пятилетним планом Маршалла для восстановления экономики Западной Европы (13,5 млрд дол. в 1951 г. или 95 млрд дол. на сегодня).

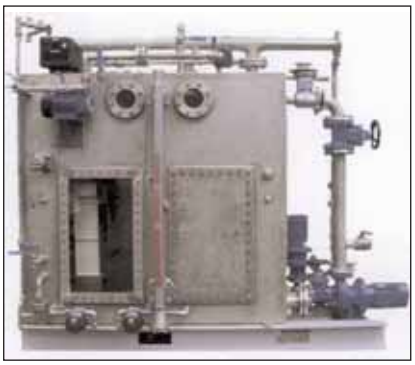
Из 194 LNG-газовозов, находившихся в эксплуатации к началу 2006 г., ни один не превышал по вместимостью 145 000 м^3. Из 130 заказанных верфям газовозов 60 судов будут способны перевозить 150 000 — 217 000 м^3 газа. Наблюдаются и серьезные изменения при выборе главных энергетических установок. Вместо паровых турбин (на 191 из 194 эксплуатирующихся газовозов), которые получают пар от котлов, работающих на испаряющемся в грузовых танках газе, около 50 заказанных газовозов будут снабжены более эффективными дизелями, в частности, двухтопливными (газ-дизтопливо), рассматривается возможность использования и газовых турбин (CoGES-Combined Gas turbine Electric and Steam). В качестве пропульсивных установок попрежнему предусматриваются традиционные гребные винты — ни один из заказанных газовозов не будет иметь ВРК типа Azipod (*Surveyor. 2006. Spring. P. 2—5*).

НОВЫЙ ПАТРУЛЬНЫЙ КОРАБЛЬ

Патрульный корабль «HMAS Armidale» нового класса построен в мае 2005 г. на австралийской верфи Austal для ВМС Австралии. Его особенность — возможность автономного патрулирования длительностью до 6 недель и наличие устройств для по-

Патрульный корабль «HMAS Armidale»

Крупнейшая финская судоходная компания Finnlines первой установила мембранный биореактор MBR на своем пароме «Finnclipper»



Новый мембранный биореактор MBR обеспечивает эффективную очистку судовых «серых» и «черных» сточных вод

лучения снабжения в море с другого корабля и с вертолета (легкие грузы, люди). Запасы топлива обеспечивают дальность плавания до 3000 миль, что на 20% больше, чем у существующих австралийских патрульных кораблей. Большое внимание в проекте уделено улучшению условий обитания команды из 29 чел. — в каждой каюте есть душ и туалет. Размерения корабля 56,8/52,1 x 9,68 x 5 м, осадка 2,7 м. Энергетическая установка (без вахты в МО) — два дизеля MTU 16V4000M70 мощностью по 2320 кВт при 2000 об/мин — обеспечивает с помощью двух ВФШ скорость хода до 25 уз. Электрогенераторов — два, марки Caterpillar 3406C мощностью по 220 кВт. Есть носовое подруливающее устройство (19,5 кН). Вооружение корабля — 25-мм орудие Rafael Typhoon MK25 и два 12,7-мм пулемета M2HB. В корме находятся два 7,24-метровых катера с водометными движителями. Кроме бортовых килей есть две пары активных успокоителей качки — на миделе и в кормовой части. Планируется постройка серии таких кораблей; уже построено 3 ед. и заказано 9 ед. (*Significant Small Ships of 2005. RINA. P. 27, 28*).

КРУПНЕЙШИЙ ГАЗОВОЗ

Японская компания Tokyo LNG Tanker Co Ltd заказала верфи Kawasaki Shipbuilding Corp серию крупных газовозов из 10 ед. для транспортировки (оператор — Mitsui OSK Line) сжиженного природного газа (LNG). Контракт на один из них — «Energy Advance» — был подписан 29 марта 2002 г., спуск на воду состоялся 30 июня 2004 г., а сдача — 30 марта 2005 г. Это, по-видимому, на сегодняшний день крупнейший газовоз в мире. Объем его четырех грузовых сферических танков системы Moss, в которых LNG находится при температуре 163°C, составляет 145 410 м^3. Судно имеет размерения 289,53/277 x 49 x 27 м, проектную осадку 11,4 м, дедвейт 71 586 т, валовую вместимость 119 233 рег. т. Главная энергетическая установка — паровая турбина Kawasaki UA-400 мощностью 26 900 кВт (расход топлива 165 т/сут) обеспечивает эксплуатационную скорость 19,5 уз. Суммарный объем топливных цистерн 6160 м^3, водяного балласта — 59 253 м^3. Однопалубный корпус газовоза имеет двойные борта и днище, бак отсутствует, в корме — рецесс палубы с вертолетной площадкой. Патентованные носовая оконечность и бульбообразная наделка на руле в сочетании с увеличенным до 9,5 м диаметром гребного винта фиксированного шага обеспечивают спецификационные ходовые качества. В носовой оконечности расположено подруливающее устройство мощностью 2000 кВт. Грузовая система — по два погружных насоса Ebara подачей по 1500 м^3/ч в каждом танке — обеспечивает разгрузку судна за 12 ч.

Между тем, компанией Qatar Gas Transport уже заказаны в Южной Корее шесть гигантских газовозов типа Q-max для транспортировки LNG из зоны Персидского залива в США. Три судна вместимостью 266 000 м^3 построит верфь Samsung Heavy Industries (начало работ — март 2007 г., сдача газовозов — август—ноябрь 2008 г.), еще три с объемом грузовых танков 263 000 м^3 построит Daewoo Shipbuilding and Marine Engineering, начав работы в июне 2007 г. и завершив их в сентябре—декабре 2008 г. Газовозы будут строиться на класс Lloyd's Register (*Significant Ships of 2005. RINA. P. 45, 46; Shipping World & Shipbuilder. May. Vol. 207. No. 4223. P. 3*).

НОВЕЙШАЯ СИСТЕМА ОЧИСТКИ СУДОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД

Финская компания Evac Oy (входит во французскую группу Zodiak) разработала новейшую систему очистки судовых сточных вод, которая позволяет получать фильтрат, превосходящий по своим показателям требования всех существующих стандартов, включая стандарты IMO, Аляски, USCG (Береговой Охраны США) и NIAG для морского судоходства. Система MBR — компактное и недорогое решение для судовых операторов, которые с одной стороны сталкиваются с ужесточением требований к охране окружающей среды, а с другой — с растущими затратами на очистку судовых сточных вод.

Новый мембранный биореактор MBR дает возможность действующим в экологически чувствительных зонах яхтам, круизным судам, паромам, военным кораблям и прочим судам обрабатывать и без угрозы для здоровья и окружающей среды сливать сточные воды, образующиеся в результате жизнедеятельности пассажиров и экипажа, прямо в море.

Работа MBR полностью автоматизирована и не требует высококвалифицированного персонала. Процесс очистки начинается с того, что большой объем «серых» сточных вод (из душевых кабин, прачечных и бассейнов) смешивается с меньшими по объему «черными» стоками (из туалетов и камбуза) в уравнительном баке. Затем сформированный поток проходит предвари-

тельную очистку от твердых взвесей. После этого стоки поступают для циркуляции и рециркуляции в мембранный биореактор, имеющий погружной модуль с плоскими мембранами Kubota и диффузоры, образующие пузырьки воздуха для аэрации и одновременной очистки мембран. При необходимости, процесс завершает очистка сточных вод ультрафиолетовым излучением.

Как показали испытания, обработанные стоки представляют собой чистый фильтрат, в котором практически отсутствуют твердые взвеси и колиформные бактерии, а биохимическое потребление кислорода составляет 3 мг/л (самый строгий стандарт для очистки сточных вод Navy NIAG предусматривает уровень БПК не более 15 мг/л) (*Из пресс-релиза Industrial News Service — INS, 22.06.2006 г.*).

CODED ДЛЯ OSV

Новую концепцию пропульсивной установки предложили фирмы Wartsila и Vik-Sandvik для специализированных судов, обслуживающих средства добычи нефти и газа на шельфе (Offshore Support Vessels — OSV). Названная CODED — Combined Diesel-Electric and Diesel-mechanical включает в себя винт регулируемого шага (ВРШ), работающий через редуктор от двух среднеоборотных дизелей, и три выдвижные электроприводные (от двух дизель-генераторов и двух валогенераторов)полноповоротные винторулевые колонки (ВРК): одна — в носовой, две — в кормовой части судна. Кроме того, в носу — туннельное подруливающее устройство (ПУ).

На переходах, когда не требуется маневрирование, используется только ВРШ, обеспечивающий необходимую топливную экономичность. При выполнении различных операций вблизи буровых платформ — работают в основном ВРК и ПУ. В итоге, в каждом случае используется наиболее эффективный пропульсивный комплекс (*Twentyfour 7. 2006. No. 2. P. 62—64*).

НА БАТИСКАФЕ К ПОМПЕЕ

Самоходный подводный аппарат SM 300/3, построенный в соответствии с правилами Germanischer Lloyd финской фирмой Tarw-Trading Ltd

Пропульсивная установка CODED — Combined Diesel-Electric and Diesel-mechanical

по заказу итальянской фирмы Cantieri Navali Megaride, успешно прошел испытания весной этого года на Балтике, погрузившись на глубину 286 м. Аппарат со сферической формой корпуса, напоминающий батискаф из фильмов о Джеймсе Бонде, — гражданского назначения.

В его носовой части — большой (более 1 м в диаметре) выпуклый иллюминатор, позволяющий экипажу из трех человек наблюдать за подводными объектами. Владелец аппарата планирует использовать его в заливе близ Неаполя для исследовательских целей, в частности, поиска руин древнего города Помпеи, разрушенного в результате извержения Везувия (*Nonstop. 2006. June. No. 2. P. 6*).

ОСНОВНЫЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ — ПО-ПРЕЖНЕМУ НЕФТЯНЫЕ

В 2005 г. по данным International Salvage Union (ISU) компаниями — членами ISU было собрано с поверхности воды 875 331 т различных загрязняющих море веществ, которые при различных обстоятельствах, в том числе при бункеровке и погрузке—разгрузке, попали в воду с 247 судов. Это на 19% больше, чем в 2004 г. (734582 т), хотя число судов-загрязнителей с 266 ед. снизилось на 7,5%. Большая часть разливов (61%) приходится на сырую нефть и дизельное топливо (533 281/452 304 т в 2005/2004 г.); 23% — это бензин, загрязненная вода из балластных и слоп-танков (201 960/152 235 т); 9% относится к разливам при бункеровочных операциях (79 943/95 291 т); 7% — химические продукты (60 147/34 752 т).

С 1994 г., когда ISU стала учитывать соответствующую информацию, собрано 12 617 837 т загрязнявших море веществ, в том числе подавляющее количество — 9 904 369 т — нефти (*Shipping World & Shipbuilder. 2006. May. Vol. 207. No. 4223. P. 6*).

РУССКИЙ СПЛАВ ДЛЯ АМЕРИКАНСКИХ ППБУ

Американское Бюро Судоходства (ABS) сертифицировало буровой райзер (одна из основных частей бурового инструмента), изготовленный из алюминиево-магниевого спла-

ва 1980Т1, разработанного в Советском Союзе для космических аппаратов и военного кораблестроения. Предварительно, фирма Noble Corporation, внедряющая этот материал для бурения скважин в морском дне, провела семилетние «многомиллионные» исследования возможности и целесообразности замены стали на этот материал, обладающий сравнимыми с углеродистой сталью прочностными характеристиками (напряжение текучести 350 МПа, предел прочности 400 МПа), а по массе на 40% легче. В разработке райзера принимали участие российские (Aquatic Ltd) и американские фирмы, в изготовлении — завод «Прогресс» (Самара), испытания проводились в ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова.

Новое оборудование опробовали сначала в бразильских водах (2004 г.) на глубине до 1460 м, затем в Мексиканском заливе (2005 г.) на глубине 1220 м. Новый, имеющий значительно меньшую массу райзер, обеспечивает возможность бурения на большую глубину, например, буровая установка, предназначенная для получения скважин глубиной 1200 м, может использоваться для бурения до 2000 м.

В настоящее время фирме Noble разрабатывает более прочный райзер для сверхглубокого бурения, в качестве материала которого совместно с ABS исследуется сплав алюминия, цинка, магния и меди с более высокими (на 25—30%) показателями прочности, а также осваивается новая технология сварки. Ожидается, что уже в начале 2007 г. две ППБУ «Noble Clude Boudreaux» и «Noble Paul Wolff» будут оснащены новыми райзерами для бурения на глубины до 3000 м, а третья ППБУ «Noble Danny Adkins» — до 3600 м (*Surveyor. 2006. Spring. P. 24—27*).

Подготовил А. Н. Хаустов

ИЗ ПОРТФЕЛЯ ЗАКАЗОВ

❒ Канадское правительство рассматривает возможность заказа корветов ледового класса (до 8 ед.) для патрулирования своих морских арктических районов. Возможный прототип — норвежские корабли типа «Svalbard» водоизмещением 6100 т и длиной 100 м.

❒ Израильские ВМС в июне прорабатывали последние детали контракта с немецкой верфью HDW, предусматривающего постройку еще двух дизель-электрических подводных лодок. Ранее у HDW были закуплены четыре подлодки типа «Dolphin», которые могут нести крылатые ракеты.

❒ Американская кораблестроительная корпорация Northrop Grumman Corp получила заказ от ВМС США на сумму 2,49 млрд дол. на постройку еще двух десантных кораблей-доков типа «San Antonio». Всего планируется построить не менее девяти таких кораблей, которые способны высаживать на берег морскую пехоту с помощью амфибийных транспортных средств на воздушной подушке и вертолетов. Головной корабль сдан прошлым летом, еще четыре — на разных стадиях строительства.

❒ Пакистан, как сообщается, завершил переговоры с КНР о поставке фрегатов. Головной корабль типа F-22P будет заложен на верфи Hudong-Zhonghua Shipyard в Шанхае в этом году и сдан в 2008 г. Еще три должны быть готовы к 2013 г., причем параллельно планируется передача Пакистану технологии постройки кораблей. Четвертый фрегат намечено построить уже на верфь Karachi Shipyard.

❒ Греческая судоходная компания Transmed Shipping заказала южнокорейской верфи SPP Shipbuilding (бывш. Dongyang Shipbuilding) 15 танкеров-продуктовозов дедвейтом 51 000 т. Сумма контракта 675 млн дол. Сдача головного запланирована на июнь 2007 г., остальные — через каждые четыре месяца.

❒ Франция получила разрешение комиссии ЕС на предоставление своим верфям государственных гарантий на банковские кредиты для обеспечения постройки судов. Это касается крупных судов стоимостью более 40 млн евро. Госгарантии могут покрывать до 80% кредита. Ранее подобные схемы были одобрены для Германии (2003 г.) и Нидерландов (2005 г.).

❒ Южнокорейская верфь Hyundai Heavy Industries получила заказ стоимостью 540 млн дол. на постройку четырех контейнеровозов вместимостью по 8600 TEU. Заказчик — британско-греческая компания Zodiac Maritime Agencies Ltd. Суда будут оборудованы дизелями мощностью 78 500 кВт. Срок сдачи — 2009 г.

❒ Правительство США отменило программу строительства шести малых подводных лодок, предназначенных для специальных операций, из-за превышения стоимости работ и технических («механических») проблем. Головная мини-субмарина длиной 22 м, водоизмещением 55 т и вмещающая «более 5 чел.», которая должна использовать в качестве носителя более крупную подводную лодку, обошлась в 446 млн дол., т. е. втрое больше запланированной суммы. Построенная лодка, как сообщается, не может эксплуатироваться, поскольку не обеспечивает требуемой безопасности плавания.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ЭСМИНЕЦ «ОПЫТНЫЙ»

А. В. Платонов

УДК 623.823

В середине 30-х гг. прошлого столетия в нескольких ведущих военно-морских державах начались работы над корабельными котлотурбинными установками (КТУ) «с повышенными параметрами пара». С увеличением давления и температуры пара при неизменной мощности установки снижается его удельный расход на главные и вспомогательные механизмы и, как следствие, уменьшается потребная паропроизводительность котлов, сокращаются диаметры проточных частей турбин, паропроводов и т. д. Снижению удельной массы КТУ способствуют и применяемые при паре высоких параметров более качественные металлы.

Всем этим и решили воспользоваться конструкторы. В Германии первые корабли проекта «Эсминец 1934» оснастили энергетическими установками (ЭУ), работающими на паре давлением 70 кгс/см^2 и с температурой 460 °С. Пар вырабатывался котлами Wagner с естественной циркуляцией. На следующих восьми эсминцах этого же проекта немецкие конструкторы пошли дальше — установили котлы Benson с принудительной циркуляцией с параметрами пара 110 кгс/см^2 и 510 °С. Это было впервые в мировой практике да еще без всестороннего испытания опытных образцов. Поэтому, кроме некоторого выигрыша в массе КТУ, всего остального добиться не удалось: расход топлива на экономических ходах превысил расчетный почти на 20%, и, как следствие, вместо расчетных 4400 миль корабли могли пройти только 1900. При этом надежность установки оказалась исключительно низкой, а эксплуатационные расходы, наоборот, высокими. Особенно все это касалось котлов Benson, от которых в дальнейшем вообще отказались. Ситуация усугубилась кавитацией гребных винтов из-за высокой частоты вращения.

Германский эксперимент с КТУ на высоких параметрах пара оказался малоуспешным. В определенной степени это оказалось следствием выбора конструкции парового котла. Прямоточный котел англичанин Бенсон сконструировал в начале XX столетия. К идее изобретения он пришел в процессе поиска способов снижения массы и габаритов паровых котлов, быстро возраставших по мере увеличения давления пара в основном из-за увеличения толщины коллекторов — наиболее массивных деталей водотрубного котла. Для решения этих задач создавались двухколлекторные, а в США и одноколлекторные котлы.

Бенсон решил вообще отказаться от коллекторов. В отличие от водотрубного котла с естественной циркуляцией, в котором каждый килограмм воды, прежде чем превратиться в пар, должен сделать несколько ходов по контуру, в прямоточном он испарялся в течение одного хода. Питательная вода, подаваемая насосом, последовательно проходила через экономайзерную, испарительную и пароперегревательную секции змеевика, превращаясь в перегретый пар заданных параметров. Так как вода подавалась под давлением (в отличие от трубных пучков котла с естественной циркуляцией), змеевик выполнялся любой конфигурации, что позволяло размещать его наиболее рационально для наибольшей компактности и наименьшей массы котла.

В своем котле Бенсон не ограничился применением прямоточного принципа, он иначе решал процесс парообразования, осуществляя его при давлении в котле выше критического (224,2 кгс/см^2). Примерно под таким давлением вода поступала в котел и нагревалась в змеевиках до температуры 374 °С, при которой такие показатели воды и пара, как температура, теплосодержание и объем становились равными. В результате вода, минуя режим вскипания, сразу превращалась в пар, давление которого перед входом в пароперегревательную секцию можно было снизить до необходимого потребителям. Преимущество процесса заключалась в том, что в котле, работающем при давлении пара ниже критического, прежде чем вода начнет испаряться, ее нужно нагреть до соответствующей температуры в специально предусмотренных для этой цели поверхностях нагрева. Котел Бенсона позволял до минимума

Эсминец «Опытный» ведет огонь по укреплениям противника. Январь 1943 г.

сократить такие поверхности, что в совокупности с массогабаритными достоинствами, обеспечиваемыми прямоточным принципом, позволяло создать исключительно компактный и легкий паровой котел.

Однако морские испытания прямоточного котла выявили две проблемы. Первая заключалась в том, что для котлов с высокими параметрами пара требовалась исключительно чистая вода, приготовление которой в корабельных условиях оказалось делом чрезвычайно сложным. Установленная немцами специальная система химической обработки воды проблему до конца не решала. Вторая проблема была связана с управлением котлоагрегатом. С учетом того, что в прямоточном котле водяной объем, а значит и аккумулирующая способность были очень малы, при изменении режима работы требовалось мгновенное изменение и восстановление равновесия между количеством поступающих в котел питательной воды, сжигаемого топлива и воздуха для горения. В противном случае возникал дисбаланс, нарушался принцип прямоточности, и котел начинал генерировать влажный или слишком перегретый пар, а в худшем случае вообще мог выйти из строя. Поддержание указанного соотношения было возможно лишь с помощью автоматики, появление которой собственно и дало жизнь прямоточным котлам. Но если она успешно справлялась со своей задачей в береговых ЭУ с прямоточными котлами, работающими в режиме постоянной нагрузки, в условиях корабля, когда нагрузка часто изменялась в широком диапазоне, система автоматического регулирования давала сбои.

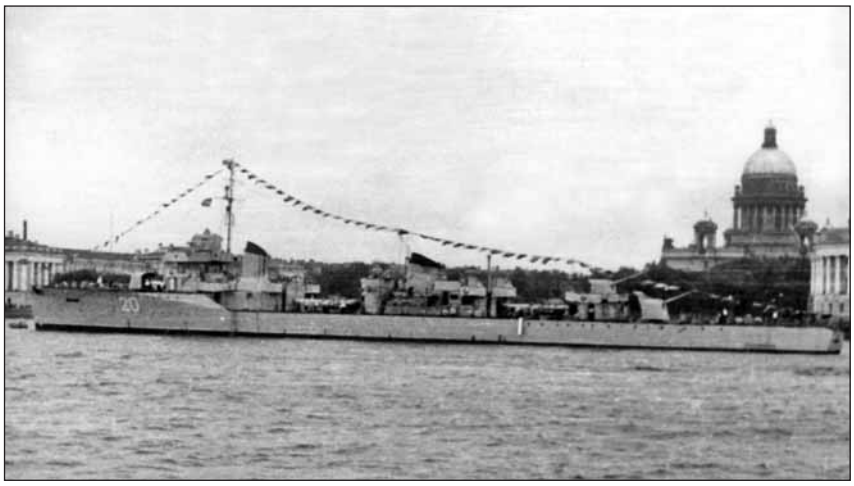
Автоматику, способную надежно регулировать процесс парообразования в котле Бенсона, немцам создать не удалось, и они были вынуждены отказаться от принципа прямоточности, установив вертикальный сепаратор, представлявший собой тот же пароводяной коллектор, куда и переместилась точка окончания испарения воды. Через котел пришлось прокачивать больше воды, чем отбиралось пара, и, соответственно, кратность циркуляции воды стала больше единицы — непременного условия для прямоточного котла. При этом, естественно, существенно ухудшились его массогабаритные показатели. Так и получился квазипрямоточный котел, который стали устанавливать на германские корабли.

Основные тактико-технические элементы эсминца пр. 45

Основные элементы	Проект экспериментального эсминца, 1935 г.	«Опытный», 1943 г.
Водоизмещение, т:		
стандартное	1437	1572
нормальное	1572	1707
полное	1707	2016
Главные размерения (наибольшие), м:		
длина	110	113,5
ширина	10,2	10,2
осадка		3,98
Энергетическая установка:	•	
тип установки	Котлотурбинная	Котлотурбинная
мощность, л. с.	70 000	70 000
ТЗА	2	2
главные котлы	Рамзина — 4	Рамзина — 4
давление пара, кгс/см^2	75	75
температура пара, °С	450	450
количество гребных винтов	2	2
Электростанция:		
турбогенераторы, шт.	СТВ-144 + ПСТ-30/14	СТВ-144 + ПСТ-30/14
суммарной мощностью, кВт	100 + 50	100 + 50
дизель-генераторы	ПН-400 — 2	ПН-400 — 2
суммарной мощностью, кВт	100	100
вырабатываемый ток	Постоянный 110 В	Постоянный 110 В
Запасы топлива, т:	200	200
нормальный	372	372
полный	35	35
Скорость хода наибольшая, уз	42	42
Дальность плавания (при 18 уз), миль	3200	1370
ВООРУЖЕНИЕ		
Артиллерийское: кол. стволов — калибр, мм/длина в кал. —кол. установок	2-130/50 — 3	1-130 Б-13 — 3
зенитные пулеметы	1-12,7 — 2	1-12,7 — 2, 2-12,7 Браунинг — 1
торпедные аппараты кол. труб — калибр, мм — кол. аппаратов	4-533 — 2	4-533 — 2
Боекомплект:	12	12
мины заграждения	60	КБ — 60
бомбосбрасыватели	•	Для Б-1 — 2, для М-1 — 2
глубинные бомбы	Б-1 — 10; М-1 — 15	Б-1 — 10; М-1 — 28
параваны, комплектов	2	2
Экипаж, чел.	•	262

В Советском Союзе в начале 1934 г. Центральное конструкторское бюро судостроения вышло с предложением спроектировать эскадренный миноносец, который, сохранив тоннаж и вооружение эсминцев пр. 7, мог бы развить ход до 45 уз и иметь дальность плавания 2200 миль (в то время «семерка» рассчитывалась на дальность плавания 1800 миль). Для достижения столь высокой скорости требовалась ЭУ мощностью не менее 70 000 л. с. С учетом неизменности выделенных для нее объемов и весовой нагрузки, удельная масса КТУ должна составлять 8 кгс/л. с., вместо 12—13 кгс/л. с. у эсминцев пр. 7. С этой целью предполагалось перейти на повышенные параметры пара, вырабатываемого прямоточными котлами конструкции профессора Л. К. Рамзина, а также широко применять электросварку.

Проектирование котлов МПН 70/75 для экспериментального эсминца пр. 45 закончилось в декабре 1934 г., масса каждого из них вместе с водой составила всего 51,67 т, в то время как котел эсминца пр. 7 весил 75,5 т. Аналогичные агрегаты



Эскадренный миноносец «Опытный» на Неве (послевоенное фото)

уже работали в стационарных условиях на теплоэлектростанциях, поэтому применение их в корабельных условиях считалось делом сложным, но вполне реальным. Первый «удар» по самой идее сверхлегкой установки был нанесен откуда его не ожидали. Высокие параметры пара давали большой выигрыш в массе и расходе пара на вспомогательных механизмах. Для этого требовалось наладить их разработку и производство, что считалось в то время по экономическим соображениям совершенно не приемлемым. Поэтому приняли решение все вспомогательные механизмы установить серийные (как на эсминцах пр. 7), т. е. не рассчитанные на высокие параметры пара. На получение расчетной удельной массы КТУ, а также сравнительно большой дальности плавания (при одинаковом с эсминцами пр. 7 запасе топлива) уже надеяться не приходилось, да и скорость 45 уз становилась нереальной.

В итоге 29 декабря 1934 г. максимальную скорость ограничили 42 уз, а дальность плавания хоть и увеличили до 4000 миль, но при запасе топлива 400 т вместо первоначальных 300. Расчетная удельная масса КТУ, тем не менее, составила 10 кгс/л. с., что стало большим достижением и позволяло или еще увеличить дальность плавания, или усилить вооружение. Предпочтение отдали вооружению, доведя его до трех 130-мм двухорудийных башен Б-31, но при этом пришлось отказаться от двух 76-мм орудий и снизить боекомплект 130-мм выстрелов. Впрочем, артиллерийскую систему Б-31 так и не создали, в последний момент ее заменили на серийные палубно-щитовые артиллерийские установки Б-13. Таким образом, новый эсминец, названный сначала «Серго Орджоникидзе», а затем переименованный в «Опытный», по вооружению стал уступать серийным эскадренным миноносцам пр. 7.

За счет перехода электроэнергетической системы корабля с постоянного на переменный ток предполагалось получить выигрыш в массе электрооборудования, однако для этого требовались соответствующие агрегаты и приборы. После обсуждения этого вопроса с поставщиками электрооборудования принимается решение выполнить проекты для обоих вариантов, а корабль «строить на переменном токе».

Но основные трудности вызывали котлы. В отличие от электростанций на корабле они работают в условиях переменных нагрузок. Отличительная черта прямоточных котлов заключается в необходимости тщательной синхронизации подачи питательной воды, топлива и воздуха в зависимости от нагрузки, что обусловливалось малым объемом находящейся в котле воды (пара). Попытка обеспечить работу котлов на ручном управлении неизбежно должна была привести к периодическим авариям. В результате изначально регулировка мыслилась с помощью автоматики, но задача оказалась достаточно сложной, а отечественная промышленность — неподготовленной к ее решению. Поэтому комплект нужных приборов пришлось закупить в Германии у фирмы «Термотехник». Ситуация осложнялась тем, что из-за срыва сроков изготовления котлов их загружали на корабль даже без стендовых испытаний. После окончания монтажа выяснилось, что германская аппаратура автоматического регулирования неработоспособна. Создание аналогичной отечественной аппаратуры затягивалось. По этой причине пробные наладочные испытания всех главных котлов в октябре 1939 г., а также швартовые испытания с декабря 1939 по август 1940 г. проводились при ручном управлении котлами.

Первый выход с завода корабль совершил 27 ноября 1940 г. В течение двух недель продолжались пробные заводские ходовые испытания, затем наступила зима. Весной 1941 г. было принято постановление Совета Народных Комиссаров СССР о сдаче корабля к 15 сентября 1941 г. Государственные испытания планировалось провести с 20 июня по 15 августа. Начало Великой Отечественной войны перечеркнуло все планы. Заводские ходовые испытания по сокращенной программе военного времени «Опытный» прошел с 31 июля по 19 августа 1941 г. При этом корабль смог лишь кратковременно развить ход 35 уз.

17 августа 1941 г. «Опытный» передали личному составу во временную эксплуатацию, и 20 августа эсминец занял огневую позицию в торговом порту Ленинграда. 15 сентября при попадании в трубу артиллерийского снаряда было разрушено второе котельное отделение. 3 октября корабль снова получил повреждения от разрыва снаряда, был поставлен на ремонт, после окончания которого до июля 1943 г. «Опытный» выполнил еще ряд стрельб по берегу, был выведен в резерв, а в марте 1944 г. — законсервирован. После окончания войны и ряда попыток достроить корабль в 1952 г. его сдали на металлолом. Таким образом, применение корабельных прямоточных котлов в Советском Союзе также завершилось неудачно и больше никто в мире к ним не возвращался.

МОНИТОРЫ «АЗОВ» И «МАРИУПОЛЬ»

И. И. Черников

УДК 629.54

В первой половине 1944 г. Красная Армия, разгромив германские группировки войск на правобережье Днепра, освободила Крым и нанесла сокрушительный удар по гитлеровской армии на юге Украины. Создалась благоприятная обстановка для развития наступления.

При переносе боевых действий в район бассейна реки Дунай по решению Верховного Главнокомандования в апреле 1944 г. была воссоздана Дунайская речная флотилия. Утром 26 августа 1944 г. ее бронекатера форсировали Килийское гирло и подошли к Сулине. Морская пехота при поддержке бронекатеров ворвались на северную окраину Сулины и к вечеру 27 августа полностью заняла порт. Развивая наступление, части морской пехоты при поддержке флотилии огнем овладели также городом Тульча. Вскоре был занят важный порт Галац.

Уцелевшим кораблям румынской Дунайской дивизии пришлось капитулировать. 26 августа советским морякам сдался монитор «Ион К. Братиану» («Ion C. Bratianu»), а 29 — «Александр Лаховари» («Alex. Lahovari»).

Самые мощные корабли румынской флотилии — четыре речных монитора типа «Ион К. Братиану» — строились по судостроительной программе 1899 г. на заводе «Стабилименто Текнико Триестино» (город Линц, Австрия). Затем в разобранном виде они доставлялись в Румынию и окончательно собирались на верфи города Галаца, где и спускались на воду.

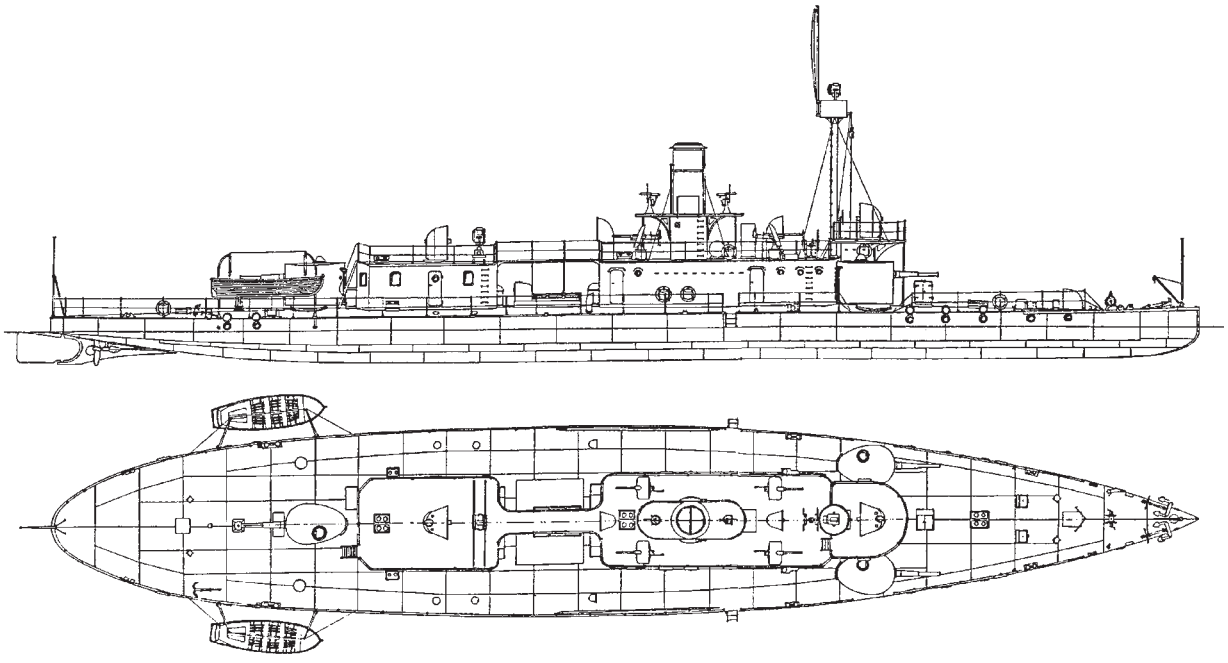
При проектировании (в качестве прототипа) использовался австрийский монитор «Темеш» («Temes»)[1]. Но румынские корабли получили более мощное артиллерийское вооружение и конструктивную защиту. При этом пришлось пойти на увеличение осадки. В результате мониторы имели некоторые навигационные ограничения при действии в верховьях Дуная, т. е. в пределах Австро-Венгерской империи.

Первоначально планировалось строительство серии из восьми кораблей. Но из-за финансовых сложностей программу пришлось сократить в два раза. Оставшиеся четыре монитора получили имена румынских моряков — участников русско-турецкой войны 1877—1878 гг. (в Румынии ее называют румыно-турецкой войной 1877—1878 гг.).

«Ион К. Братиану» и «Ласкар Катарджиу» («Lascar Catargiu») заложили на стапелях в 1906 г., спустили на воду и ввели в отрой в 1907 г; «Михаил Когальничяну» («Mihail Kogalniceanu») и «Александр Лаховари» — на год позже.

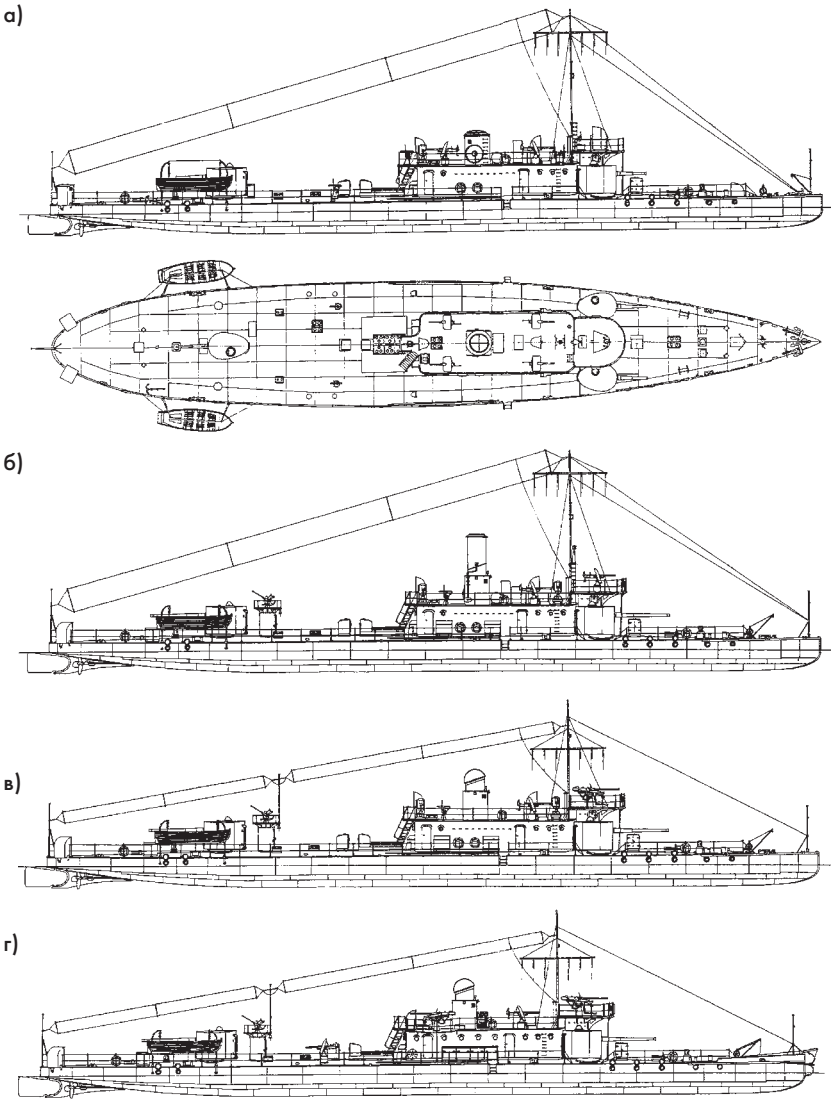
Корабли имели следующие тактико-технические элементы: стандартное водоизмещение 560, полное — 680 и наибольшее 750—800 т; длина наибольшая составляла 64,5, ширина — 10,3, осадка нормальная 1,6 и наибольшая 1,8 м. Две вертикальные паровые машины двойного расширения суммарной мощностью 1800 л. с. работали на два гребных винта и обеспечивали кораблю максимальную скорость хода 14 уз, а экономическую — 12 уз. Два паровых котла системы «Ярроу» отапливались углем, наибольший запас которого составлял 60 т.

Артиллерийское вооружение состояло из трех 120-мм орудий системы «Шкода» с длиной ствола 35 калибров, двух 120-мм гаубиц той же фирмы (10 калибров), четырех



Монитор «Ион К. Братиану» после вступления в строй
© Реконструкция и выполнение чертежей. И. И. Черников. 2006

[1]Подробнее см.: Судостроение. 2006. № 2.



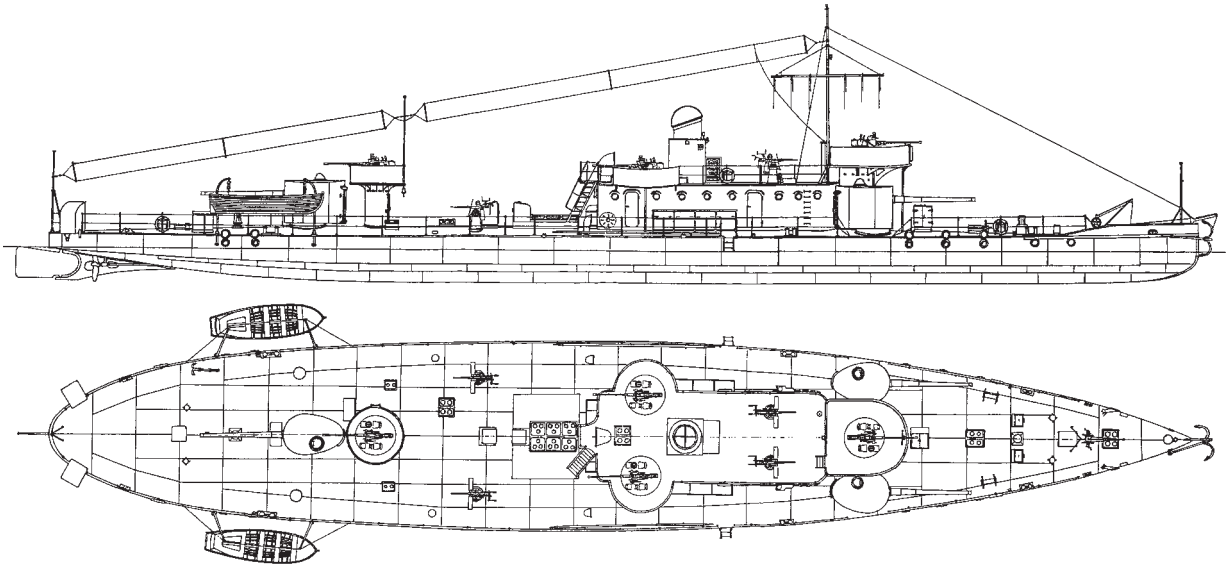
Монитор «Ион К. Братиану» по состоянию: на 1916 г. (*а*), 1937 г. (*б*), 1941 г. (*в*) и 1944 г. (*г*)
© Реконструкция и выполнение чертежей. И. И. Черников. 2006

47-мм пушек и двух пулеметов калибра 6,5 мм. На рубке и мостике стояли два 60-см прожектора.

Бронирование включало бортовой пояс (75 мм), главную палубу (25—75 мм), стены рубки (60—75 мм) и крышу (50 мм). Орудийные башни прикрывались плитами 50—75 мм. Численность экипажа составляла 100 чел.

С 1907 по 1918 г. корабли типа «Ион К. Братиану» входили в состав Дунайской дивизии (т. е. речной флотилии). В 1915—1916 гг. мониторы прошли капитальный ремонт и незначительную модернизацию. Кормовая рубка с установленной на ней 120-мм гаубицей и грот-мачтой на мониторах была демонтирована. Высоту дымовой трубы и фок-мачты в целях маскировки значительно уменьшили.

В 1937—1938 гг. все четыре монитора типа «Ион К. Братиану» второй раз прошли капитальный ремонт и модернизацию, затронувшую, в первую очередь, их артиллерийское вооружение. Некоторые факты проведенных работ теперь известны благодаря материалам, предоставленным заведующим музеем завода «Шкода» Владиславом Кратким. Так, для замены устаревших 120-мм башенных орудий с длиной ствола 35 калибров и малой дальностью стрельбы (всего 8 км) завод «Шкода» в Пльзене 14 марта 1936 г. подписал договор с румынским военным министерством о поставке 14 комплектов 120-мм пушек длиной 50 калибров (обр. 37) с шестью за-



Монитор «Азов», 1945 г.
© Реконструкция и выполнение чертежей. И. И. Черников. 2006

Мониторы «Азов» (слева) и «Мариуполь» в составе Дунайской флотилии

пасными стволами. Новые пушки уже имели дальность стрельбы 19,5 км. Дымовые трубы для улучшения тяги увеличили по высоте и сделали заваливающимися. На кораблях смонтировали кормовые боевые рубки, установив на их крышах 13,2-мм спаренные пулеметные установки системы Гочкиса.

Разрабатывая планы нападения на СССР, германское верховное командование отводило значительную роль контролю над рекой Дунай — одной из важнейших водных коммуникаций. В 1940 г. по Дунаю проходило более 30% самых различных грузов, которые Германия вывозила из стран Юго-Восточной Европы, а в 1943 г. эта цифра возросла до 60%.

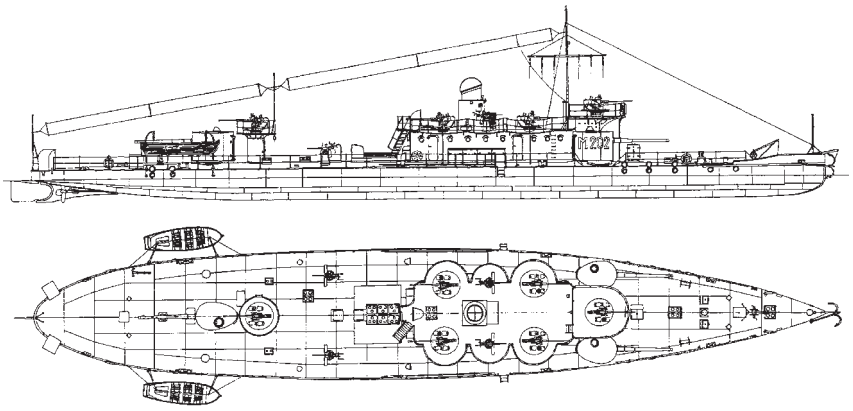
Румынская Дунайская флотилия готовилась обеспечить форсирование реки румынскими войсками и перевозку военных грузов, предназначенных для обеспечения действий на южном фланге советско-германского фронта. В период боевых действий на мониторах меняли главным образом пушки Гочкиса на орудия системы «Рейнметалл».

В ходе наступления советских войск 24 августа 1944 г. «Михаил Когальничяну» и «Ласкар Катарджиу» были потоплены в Килийском гирле Дуная, в районе Килия Старая, в результате ударов советской морской авиации и бронекатеров Дунайской военной флотилии. Экипажи остальных румынских кораблей предпочли сдаться в плен. «Ион К. Братиану» капитулировал в Измаиле 26 августа, а спустя три дня сюда же пришел сдаваться монитор «Александр Лаховари».

К концу сентября 1944 г. наступление советских войск приостановилось на рубеже Тыргу—Муреш—Кымпылунг—Турну-Северин. Армии трех Украинских фронтов приступили к подготовке новых операций с целью освободить Закарпатскую Украину, вывести из войны Венгрию, оказать помощь народам Чехословакии и Югославии, боровшимся против фашистской оккупации. В связи с перегруппировкой войск для решения новых задач Дунайская военная флотилия получила задание в короткие сроки перебросить большое количество войск и техники по Дунаю.

Капитулировавшие корабли сначала свели в бригаду мониторов с сохранением их прежних национальных экипажей, но вскоре румынских моряков заменили советскими, и с 10 ноября 1944 г. трофейные речные мониторы вошли в состав Дунайской военной флотилий под наименованиями «Азов» («Ион К. Братиану») и «Мариуполь» («Александр Лаховари»). Во время зимнего ремонта 1945 г. корабли прошли незначительную модернизацию (установка на каждом по четыре 37-мм автомата 70-К и четыре 20-мм «эрликона»). Артиллерия главного калибра осталась без изменения. В целом же техническое состояние кораблей оказалось посредственным, и в кампанию 1945 г. только «Азов» смог принять участие в военных действиях.

Еще два года после окончания войны корабли несли боевую службу на Дунае. 28 февраля 1948 г. их законсервировали и поставили в Кислицах на отстой. 12 января 1949 г. они были официально отнесли к подклассу речных мониторов, а 3 июня 1951 г. исключены из состава флота в связи с возвратом Румынии, где некоторое время они служили под литерно-цифровыми обозначениями «М-201» («Мариуполь») и «М-202» («Азов»), пока в 1959—1960 гг. не пошли на слом.



Монитор «М-202» в составе румынского флота
© Реконструкция и выполнение чертежей. И. И. Черников. 2006

Литература

Платонов А. В. Советские мониторы, канонерские лодки и бронекатера. Ч. II. СПб., 2004.

Черников И. И. Гибель империи. М.—СПб., 2002.

Черников И. И. Энциклопедия речного флота. М.—СПб. 2005.

РЕФЕРАТЫ

УДК 629.5.025.1.001.62 **Ключевые слова:** подводное крыло, оптимизация, проектирование, декомпозиция, МКЭ, метод вихревых частиц.

Животовский Г. А., Родионов А. А. Многокритериальное проектирование крыльевого комплекса СПК со смешанными переменными проектирования//Судостроение. 2006. № 4. С. 17—21.

Рассматриваются особенности проектирования крыльевого комплекса СПК при наличии двух критериев и смешанных переменных проектирования. Задача разбивается по конструктивному признаку на задачи проектирования носового и кормового крыльев. Дополнительно проводится декомпозиция по типу переменных проектирования и результаты оптимизации крыльевого комплекса СПК типа «Комета». Ил. 5. Библиогр.: 8 назв.

УДК 629.5.02:624.042.43 **Ключевые слова:** лед, нагрузка, прочность, корпусная конструкция.

Матлах А. П. Исследование прочности судовых корпусных конструкций при взаимодействии со льдом//Судостроение. 2006. № 4. С. 21—24.

Показывается целесообразность использования при проектировании конструкций данных о реальных условиях ледовых нагрузок, полученных от судовых систем контроля, разработаны математические модели определения ледовых нагрузок на основе анализа напряженно-деформированного состояния конструкций и методы определения рациональных координат установки датчиков замеров и регистрации ледовой нагрузки на бортовое перекрытие ледового танкера. Ил. 6. Библиогр.: 9 назв.

УДК 629.553 **Ключевые слова:** остойчивость, безопасность, критерий, вероятность.

Ярисов В. В. Формальная оценка безопасности при расчете остойчивости судов в условиях эксплуатации, опасных с точки зрения опрокидывания//Судостроение. 2006. № 4. С. 24—27.

Анализируются преимущества вероятностных критериев остойчивости судов, которые позволяют повышать безопасность эксплуатации судов в различных условиях и при разных состояниях нагрузки. Библиогр.: 20 назв.

УДК 623.823.004.68 **Ключевые слова:** эскадренный миноносец, военное кораблестроение, ракетное оружие.

Котов М. В. Проекты ракетного перевооружения эскадренных миноносцев пр. 30бис//Судостроение. 2006. № 4. С. 28—32.

Рассматриваются предлагавшиеся в середине 50-х гг. прошлого века проекты перевооружения эскадренных миноносцев пр. 30бис ракетным оружием — комплексами КСЩ и СКС. Приводятся причины отказа от этого перевооружения. Ил. 3. Табл. 2.

УДК 658.012:629.5 **Ключевые слова:** гидрографическое судно, система электродвижения, переменный ток.

Григорьев А. В., Ляпидов К. С., Макаров Л. С. Единая электроэнергетическая установка гидрографического судна на базе системы электродвижения переменного тока//Судостроение. 2006. № 4. С. 33—34.

Приводятся основные этапы проектирования впервые в отечественном судостроении единой электроэнергетической установки гидрографического судна на базе переменного тока. Ил. 4.

УДК 621.438.019.9:629.5 **Ключевые слова:** вредные выбросы, окислы азота, камера сгорания, нормирование, газотурбинный двигатель.

Зимин В. П. Нормирование и способы обеспечения экологически безопасного содержания окислов азота в отработавших газах морских газотурбинных двигателей//Судостроение. 2006. № 4. С. 35—38.

Рассматриваются проблемы нормирования и снижения содержания окислов азота в отработавших газах морских газотурбинных двигателей (ГТД), а также пути получения пресной воды в экологических целях на кораблях и судах с ГТД. Ил. 2. Табл. 1. Библиогр.: 9 назв.

УДК621.436:629.5:681.518.4 **Ключевые слова:** дизель судовой, диагностика, индикаторная диаграмма, сглаживание.

Обозов А. А. Алгоритмы сглаживания индикаторных диаграмм//Судостроение. 2006. № 4. С. 38—41.

Подробно описывается разработанный алгоритм цифровой фильтрации и сглаживания, который может быть использован в системах функциональной диагностики судовых малооборотных дизелей. Ил. 3. Библиогр.: 2 назв.

УДК 620.179.17:629.5 **Ключевые слова:** стенд, виброакустические характеристики, средства виброгашения.

Берестовицкий Э. Г., Обуховский С. А. Проблемы создания современного специализированного стенда для виброакустических испытаний приборов и систем управления//Судостроение. 2006. № 4. С. 42—45.

Анализируются основные проблемы, возникающие при создании экспериментальной стендовой базы для виброакустических испытаний приборов и систем управления, и методы их решения. Приводятся результаты теоретических и экспериментальных исследований эффективности различных средств снижения собственных виброакустических помех стенда и методики их расчета. Ил. 7. Библиогр.: 3 назв.

УДК 627.7.087 **Ключевые слова:** беспилотный летательный аппарат, посадка, судно, управление.

Ларионова Д. Г. Устройство для посадки БПЛА самолетного типа на судно малого водоизмещения//Судостроение. 2006. № 4. С. 45—46.

На основании сравнительного анализа пригодности различных типов беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для малотоннажных судов экологического мониторинга и охраны делается вывод в пользу БПЛА самолетного типа. Описываются перспективное осадочное устройство и структура информационной системы обеспечения посадки. Ил. 2. Библиогр.: 3 назв.

УДК 681.322:629.5 **Ключевые слова:** структурная интеграция, эргономика, автоматизированное рабочее место.

Гольтраф В. И. Использование базовых технических решений в процессе автоматизации перспективных кораблей//Судостроение. 2006. № 4. С. 47—49.

Рассматриваются актуальные направления разработки комплексных систем управления техническими средствами кораблей, оказывающие влияние на технико-экономические показатели этих систем автоматизации. Анализируются базовые технические решения, которые позволят получить эффект в плане снижения массогабаритных и стоимостных показателей. Ил. 4.

УДК 339.187.62:629.5 **Ключевые слова:** лизинг, судостроение, промысловый флот, Дальний Восток.

Кирюхин Д. В., Мысник В. Г. Опыт использования лизинга для обновления рыбопромыслового флота в Дальневосточном регионе//Судостроение. 2006. № 4. С. 50—52.

Анализируется опыт применения лизинга для обновления рыбопромыслового флота в Дальневосточном регионе России, проблемы и пути их решения. Ил. 1. Библиогр.: 5 назв.

УДК 621.791.52:621.8].002.72 **Ключевые слова:** сборочно-монтажная единица, сварной шов, деформация, дефект, технология.

Герасимов Н. И., Ива А. А. Технология монтажа тяжелонагруженных сварных элементов крепления сборочно-монтажных единиц//Судостроение. 2006. № 4. С. 53—55.

Приводится описание технологических вариантов существующих методов сварки высоконагруженных стыков и основные их недостатки. Предлагается новый метод монтажа нагруженных опор СМЕ с использованием систем, снимающих при сварке нагрузки сжатия или растяжения и отслеживающих деформации сварных швов. Ил. 3.

УДК 629.7.028.6-036 **Ключевые слова:** стеклопластик, обтекатель, гидроакустика.

Лукьянов Н. П. Обтекатель гидроакустического комплекса из полимерного композиционного материала//Судостроение. 2006. № 4. С. 55—56.

Рассказывается о работе ЦНИИТС по созданию композиционного полимерного материала — стеклопластика для судостроения, в частности, для обтекателей гидроакустических комплексов подводных лодок. Ил. 3.

УДК 681.322:629.5.083.5 **Ключевые слова:** проектирование, ремонтопригодность, трехмерная модель, антропометрия, эргономика.

Обеспечение ремонтопригодности на начальных этапах жизненного цикла корабля/Г. Н. Муру, А. В. Рудаков, В. С. Трубицын, В. А. Стародубов//Судостроение. 2006. № 4. С. 59—62.

Анализируется опыт ФГУП «51 ЦКТИС» МО РФ решения с помощью трехмерной модели задачи повышения ремонтопригодности корабельного оборудования на начальном этапе жизненного цикла корабля; выбора антропометрических характеристик для анализа зон обслуживания, что является показателем качества продукции. Ил. 7. Библиогр.: 4 назв.

УДК 623.823 **Ключевые слова:** история, эсминец, котлотурбинная установка.

Платонов А. В. Экспериментальный эсминец «Опытный»//Судостроение. 2006. № 4. С. 74—76.

Рассматривается история создания экспериментального миноносца «Опытный» с прямоточными паровыми котлами системы профессора Рамзина в составе главной энергетической установки. Прослеживаются ход испытаний корабля и его участие в боевых действиях в годы Великой Отечественной войны. Ил. 2. Табл. 1.

УДК 629.54 **Ключевые слова:** монитор, Дунайская флотилия, трофеи.

Черников И. И. Мониторы «Азов» и «Мариуполь»//Судостроение. 2006. № 4. С. 77—79.

Прослеживаются судьбы речных мониторов, входивших в состав австро-венгерской и румынской флотилий на Дунае и в конце Великой Отечественной войны и включенных в состав советской Дунайской флотилии. Ил. 5. Библиогр.: 3 назв.