# СУДОСТРОЕНИЕ

Издается с 1898 г.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

№ 2
2006
март-апрель

ISSN 0039-4580

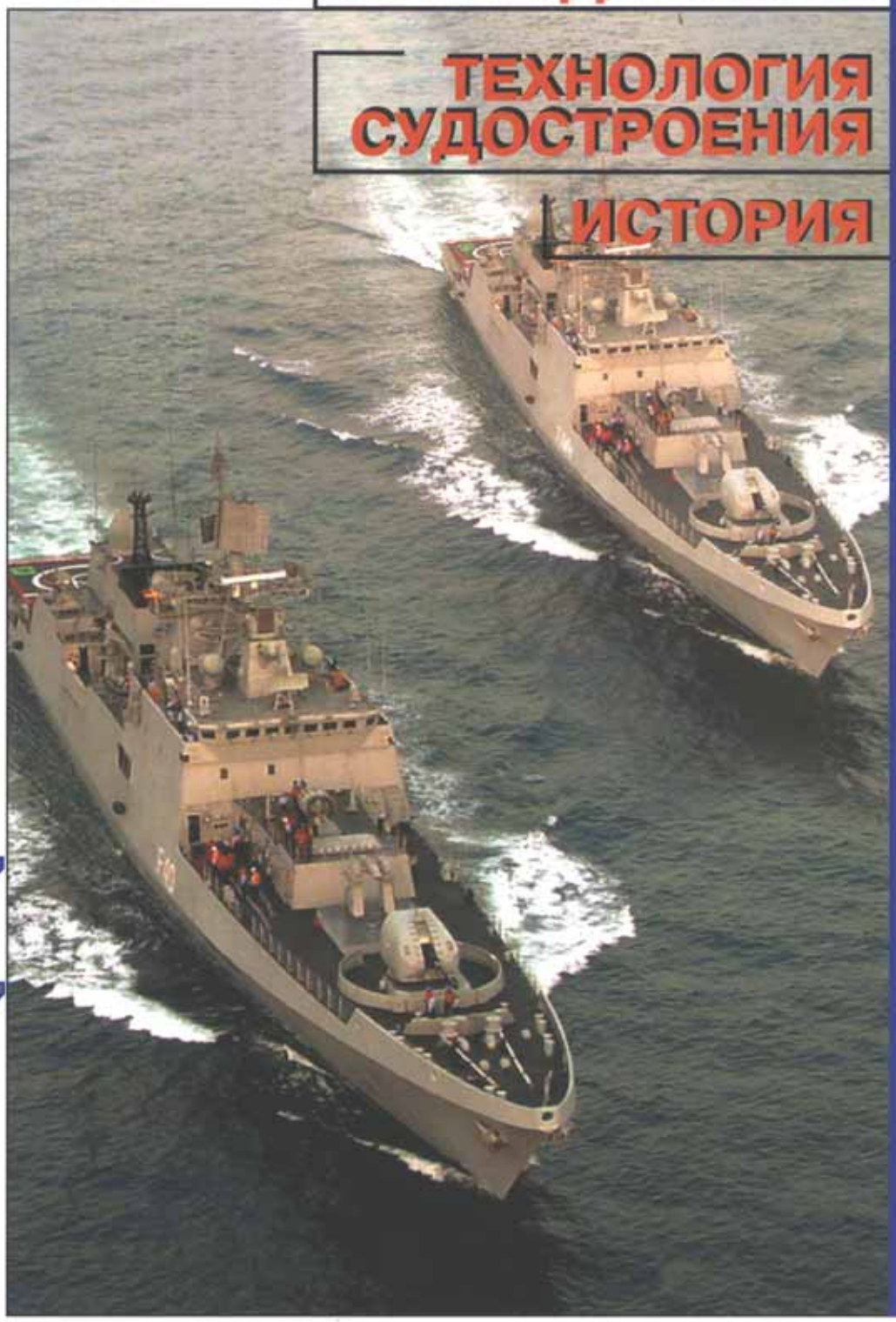
## ПРОЕКТИРОВАНИЕ СУДОВ

## ВОЕННОЕ КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ

## СУДОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

## ТЕХНОЛОГИЯ СУДОСТРОЕНИЯ

## ИСТОРИЯ



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

**2•2006**
(765) март—апрель

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

НА СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ 3
Северному ПКБ — 60 лет! 9

ВОЕННОЕ КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ
**Спиридопуло В. И.** Военно-техническое сотрудничество с зарубежными странами 10
**Мишин В. П.** Эскадренные миноносцы пр. 956 «Сарыч» 13
**Ковальчук А. С.** Аналогов в мире нет! 15
**Голяк В. И.** Большой противолодочный корабль пр. 1155 «Фрегат» 18

ГРАЖДАНСКОЕ СУДОСТРОЕНИЕ
**Овсянников С. И.** Северное ПКБ — промысловому и торговому флоту 22
**Вишневский Л. И., Егоров Г. В., Станков Б. Н., Печенюк А. В.** Проектирование пропульсивного комплекса судна ограниченного района плавания на базе современных методов вычислительной гидродинамики 27
**Андрюшин А. В.** Новые требования Российского морского регистра судоходства к пропульсивным комплексам ледокольных судов 31
**Лобынцев Ю. И.** Скоростные водоизмещающие суда нового типа 33

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ
**Агафонов А. Н., Замуков В. В., Терехин А. Н.** Методы расчета рабочего процесса дизеля анаэробной энергетической установки 36

СУДОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
**Лазаревский Н. А., Токарев Л. Н.** Кто отвечает за судовую электротехническую систему в целом? 40
**Одегова О. В.** Комплекс технических средств для судов арктического плавания 42
**Ильин Н. А.** Водолазные комплексы для выполнения работ на глубинах более 300 м 44
**Шекун Г. Д.** Замена центробежного рабочего колеса свободновихревым в конструкции вспомогательного турбонасоса 49
**Марков В. Г.** Методические вопросы калибровки измерителей напряженности электромагнитных полей в проводящих средах 50

ОРГАНИЗАЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ СУДОСТРОЕНИЯ
**Горбач В. Д., Бочкарев В. П., Назарук В. К.** Полуавтоматическая плазменная сварка и наплавка неплавящимся электродом изделий из алюминиевых сплавов и коррозионно-стойких сталей 54

ЗАРУБЕЖНАЯ ИНФОРМАЦИЯ 59

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОТДЕЛ
Предприятие, ставшее легендой (63). Законодательство в области технического регулирования — ключевая задача десятилетия (65). **Котов М. В.** Последняя «семерка» (66 ). **Собакин В. А.** Кораблестроитель В. П. Горячев (68). **Подсобляев Е. Ф., Савич В. В.** К 100-летию создания Морского генерального штаба (70). На коллегии ФГУП «Рособоронэкспорт» (5). **Голосов А. И.** Интеллектуальная собственность — товар, источник благосостояния, средство обретения экономической независимости (8). Блиц-новости (39, 53)

ИСТОРИЯ СУДОСТРОЕНИЯ И ФЛОТА
**Кондратенко Р. В., Рассол И. Р.** Малые подводные лодки Военного ведомства 74
**Федоров М. Р., Афонин Н. Н.** Командир миноносца «Стерегущий» 78
**Платонов А. В.** О результативности боевых действий советских подводных лодок в Великую Отечественную войну 1941—1945 гг. 80

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

**2•2006**
(765) March—April

Published since September 1898

CONTENTS

**AT SHIPYARDS** 3

60 years to Northern Design Bureau 9

**NAVAL SHIPBUILDING**

**Spiridopulo V. I.** Military technical cooperation with foreign countries 10

**Mishin V. P.** Destroyers of project 956 «Sarytch» 13

**Kovalchuk A. S.** There are no analogues in the world! 15

**Golyak V. I.** Big anti-submarine ship of project 1155 «Frigate» 18

**CIVIL SHIPBUILDING**

**Ovsyannikov S. I.** Northern Design Bureau for fishing and merchant fleets 22

**Vishnevsky L. I., Egorov G. V., Stankov B. N., Pechenyuk A. V.** Designing of propulsion complex for limited sailing area vessel on the basis of modern methods of calculative hydrodynamics 27

**Andryushin A. V.** New requirements of Russian Maritime Register for propulsion complexes of icebreaking vessels 31

**Lobyntsev Yu. I.** High-speed displacement vessels of a new type 33

**SHIPBOARD POWER PLANTS**

**Agafonov A. N., Zamukkov V. V., Terekhin A. N.** Methods of calculation of anaerobic power plant diesel operating process 36

**SNIP EQUIPMENT**

**Lazarevsky N. A., Tokarev L. N.** Who is responsible for shipboard electric system in whole? 40

**Odegova O. V.** Complex of technical means for vessels of arctic sailing 42

**Iliin N. A.** Diving complexes for execution of works at depths of over 300 m 44

**Shekun G. D.** Convertion of centrifugal wheel into torque flow one in auxiliary turbopump structure 49

**Markov V. G.** Methodical issues of calibration of electromagnetic fields intensity gages in conductive mediums 50

**SHIPBUILDING ORGANIZATION AND TECHNOLOGIES**

**Gorbach V. D., Bochkarev V. P., Nazaruk V. K.** Semiautomatic plasma welding and welding deposition by nonconsumable electrode of articles made of aluminum alloys and corrosion-resistant steels 54

**FOREIGN INFORMATION** 59

**INFORMATION SECTION**

The enterprise becoming a legend (63). The legislation in the field of technical regulation — key task of decade. (65). **Kotov M. V.** The last «Seven» (66). **Sobakin V. A.** The shipbuilder V. P. Goryachev (68). **Podsoblyaev E. F., Savich V. V.** To 100 years of Navy General Staff creation (70). On board of Rosoboronexport (5). **Golosov A. I.** The intellectual property — goods, source of well-being, means of a finding of economic independence (8). Blitz-news (39, 53)

**HISTORY OF SHIPBUILDING AND FLEET**

**Kondratenko R. V., Rassol I. R.** Small submarines of Military Department 74

**Fyodorov M. R., Afonin N. N.** Commander of torpedo boat «Stereguschy» 78

**Platonov A. V.** To the question of efficiency of combat operations of Soviet submarines during Great Patriotic War of 1941—1945. 80

**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 — фрегаты индийских ВМС, построенные ОАО «Балтийский завод» по проекту 11356, разработанному ФГУП «Северное ПКБ» (фото предоставлено ФГУП «Северное ПКБ»); на 4-й стр. — многоцелевое сухогрузное судно «Гейдар Алиев» (пр. 006RSD05) дедвейтом 6970 т, построенное ОАО «Волгоградский судостроительный завод», проходит через пролив Босфор (фото предоставлено проектантом — Морским Инженерным Бюро)

**Журнал выпущен при поддержке ФГУП «Северное ПКБ», ФГУП «Адмиралтейские верфи», ФГУП ПО «Севмаш», ОАО «Амурский судостроительный завод», ОАО «Балтийский 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**
К. Д. Могилко

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

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

Ответственность за содержание рекламных материалов несут рекламодатели

**При перепечатке ссылка на журнал «Судостроение» обязательна**

Подписано в печать 7.04.2006 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

# НА СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

## ООО «ГРУППА МНП»

Группа компаний «Морские и нефтегазовые проекты», в которую входят заводы «Красное Сормово», «Лотос», «Нижегородский теплоход», Волгоградский судостроительный, ССЗ им. III Интернационала, а также ЦКБ «Коралл» (Украина) и Fried & Goldman (США), осуществляет управление проектами в области судостроения и создания морских буровых платформ.

В рамках заключенного 28 октября 2005 г. контракта с компанией Panalpina Central Asia (Бахрейн) — отделением швейцарского консорциума Panalpina — 2 февраля на стапеле ОАО СЗ «Лотос» была заложена первая из двух несамоходных барж пр. Р-248. Она имеет грузоподъемность более 2760 т, длину 80, ширину 16, высоту борта 6,2, осадку 4 м. Баржа предназначена для перевозки тяжеловесных грузов; она снабжена аппарелью, устройствами для буксировки и толкания, системой балластировки. Вторая баржа заложена 15 февраля в ОАО «Волгоградский судостроительный завод». Строящиеся на класс BV по итальянскому проекту (бюро Naos, Триест) баржи будут использоваться консорциумом Agip KCO при разработке месторождения Кашаган (Казахстан) в Каспийском море.

## ОАО «ВОЛГОГРАДСКИЙ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД»

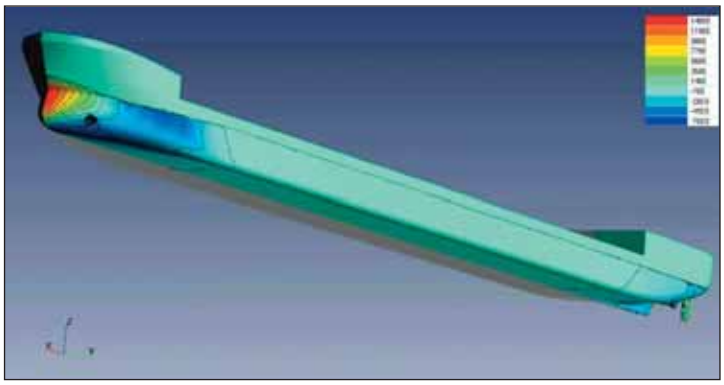
27 января на стапеле завода заложили головной сухогруз смешанного «река—море» плавания пр. RSD19 (Морское Инженерное Бюро) для иранской компании Irinvestship Limited. Контракт, заключенный в августе 2005 г., предусматривает постройку четырех судов в течение двух лет с момента его подписания (плюс еще четыре в опционе). Многоцелевой сухогруз класса «Волго-Дон макс» (типа «Хазар») имеет максимально возможные габариты для Волго-Донского речного канала (ВДРК) и предназначен для перевозки генеральных, навалочных, лесных, зерновых и крупногабаритных грузов, контейнеров и опасных грузов. При характерной для ВДРК осадке 3,6 м дедвейт судна в реке составляет около 4340 т, а наибольший в море при осадке 4,6 м — 6750 т; грузоподъемность — соответственно 4100/6325 т. Длина судна 139,95, ширина 16,5, высота борта 6 м, вместимость четырех грузовых трюмов 10 960 м$^3$. Главные двигатели — два среднеоборотных дизеля суммарной мощностью 2400 кВт, обеспечивающие с помощью двух гребных винтов фиксированного шага скорость хода не менее 10,5 уз. Мощность носового подруливающего устройства — 200 кВт. Автономность по топливу 20 сут, дальность плавания 4000 миль. Экипаж 13 чел. Класс Российского морского регистра судоходства КМ⍟ЛУ2 ⚿ I A1.

В отличие от строящихся судов класса «Волго-Дон макс» других проектов (пр. 006 RSD02 типа «Надежда», пр. 006 RSD05 типа «Гейдар Алиев», пр. 005RSD06.01 типа «Челси»), суда пр. RSD19 имеют более высокий класс для эксплуатации в море (I ограниченный) и более высокий стандарт прочности при несколько меньшем дедвейте на ограниченных осадках.

## ОАО «СУДОСТРОИТЕЛЬНО-СУДОРЕМОНТНЫЙ ЗАВОД им. III ИНТЕРНАЦИОНАЛА»

По заказу шведской компании Catfish Shipping AB этот астраханский завод строит серию танкеров-продуктовозов (корпусов) пр. LMG34PT, предназначенных для перевозки нефти и нефтепродуктов с температурой вспышки менее 60 °С. Предус-

**Строительная баржа габаритами 140,45 x 42,61 x 8,4 м создана судостроителями трех заводов — «Красное Сормово», им. III Интернационала и «Лотос» — для работы на нефтепромыслах Каспийского моря**



**При проектировании сухогруза пр. RSD19 (Морское Инженерное Бюро, Одесса), строящегося ОАО «Волгоградский судостроительный завод», широко использовались современные методы вычислительной гидродинамики, что позволило найти оптимальную комбинацию элементов движительно-рулевого комплекса и обводов корпуса, которая обеспечила достаточно высокие ходовые качества судна. За счет движительного комплекса (гребной винт в насадке) на режимах полного хода в грузу величина пропульсивного коэффициента превышает 0,6. Расчеты выполнялись специалистами компании Digital Marine Technology. В большом опытовом бассейне ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова под руководством проф. Г. И. Каневского были выполнены буксировочные и самоходные испытания модели судна с целью проверки проектных решений и определения ходовых качеств, которые полностью подтвердили ранее полученные результаты моделирования**

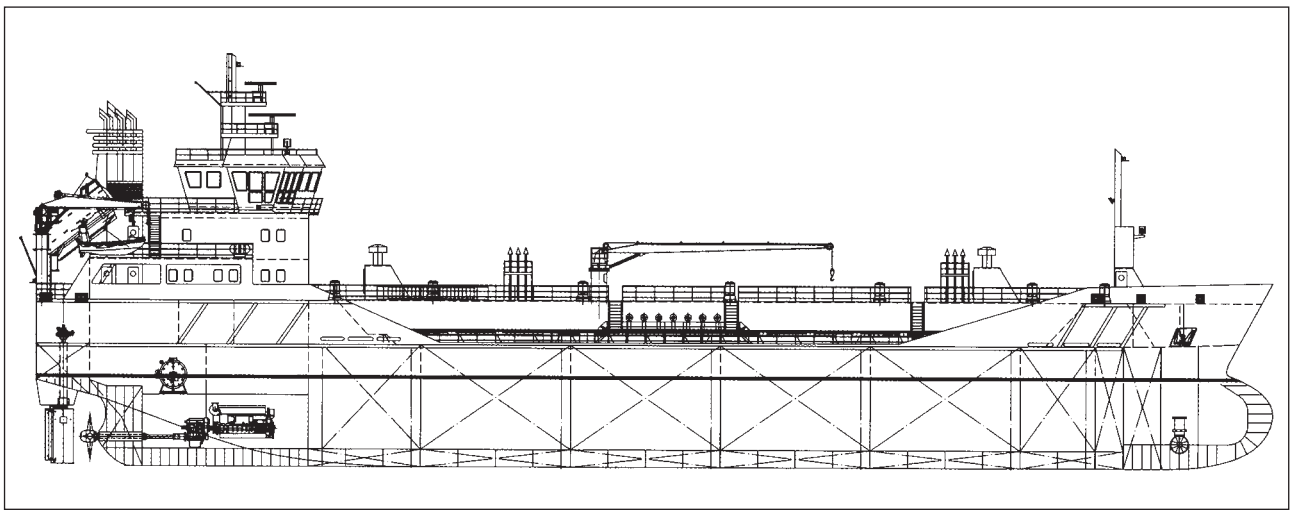
мотрена транспортировка одновременно шести видов груза, причем с подогревом вязких сортов. Судно — одновинтовое (ВРШ) с 10 грузовыми и одним отстойным танками, с двойными бортами и дном, кормовым расположением машинного отделения и надстройки. Длина танкера 79,9, ширина 16, высота борта 7,8, осадка 5,5 м, дедвейт 3400 т, объем грузовых танков 4200 м$^3$, мощность главного двигателя 1800 кВт, скорость 11,5 уз. Класс — DNV ✠ 1A1 tanker for oil products ESP, EO, CCO, ICS, VCS2, TMON, Ground loading. Корпус первого танкера спущен на воду в октябре 2005 г. Достройку осуществляет по заказу группы МНП, в которую входит завод, эстонская компания SRC Laevaremondi OU.

6 февраля 2006 г. на заводе состоялась закладка головного речного сухогруза (корпуса) типа «Azolla» в серии из 3 ед., заказанных голландской компанией Rensen Shipbuilding BV. Контракты на первое судно, получившее название «Samary», и на второе были подписаны летом 2005 г., на третье — в декабре того же года. Сухогрузы должны быть сданы в течение 2006 г. Постройка ведется в соответствии с правилами Bureau Veritas. Длина судна 135, ширина 14,2, высота борта 4,8 м.

## ОАО СЗ «ЛОТОС»

В январе на акватории судостроительного завода «Лотос» состоялась стыковка на плаву двух понтонов крупной специальной баржи, строящейся по заказу итальянской компании Saipem SpA для казахстанского месторождения Кашаган в северной части Каспийского моря. Правый понтон (140х21 м) баржи был изготовлен на нижегородском заводе «Красное Сормово» и спущен на воду в сентябре 2005 г.; аналогичный левый понтон сформировали на астраханском заводе им. III Интернационала в ноябре 2005 г.

Баржа, спроектированная ЦКБ «Коралл», предназначена для обеспечения монтажа свай и других опорных конструкций морских нефтедобывающих сооружений. Она представляет собой гладкопалубный понтон с подрезами днища в носу и корме, разделенный двумя продольными и семью поперечными водонепроницаемыми переборками на отсеки — балластные, машинного отделения и сухой с якорными лебедками системы позиционирова-



**Боковой вид танкера-продуктовоза пр. LMG34PT дедвейтом 3400 т (ОАО «Судостроительно-судоремонтный завод им. III Интернационала»)**

ния. На палубе размещается и передвигается по специальному деревянному настилу толщиной 300 мм гусеничный кран Demag 12600 грузоподъемностью 450 т с вылетом стрелы 23 м (ширина колеи 12, гусеницы — 2,4 м). Кроме того, здесь же находится сваебойное оборудование, модуль обеспечения работ, запас свай, другое оборудование. Все грузоподъемные работы осуществляются при положении баржи на дне моря в безледовый период. Район плавания баржи — ограниченный I, удаление от порта-убежища не более 200 миль.

Основные проектные элементы и характеристики: габаритная длина 140,45 м (корпуса — 139,84 м), ширина 42,61 м (42 м), высота борта 8,4 м, масса жидких грузов 7300 т; водоизмещение порожнем с постоянными жидкими грузами 9200 т при средней осадке 1,65 м; наибольшее водоизмещение при перегоне 18 980 т при осадке 3,3 м; водоизмещение в рабочем положении — среднее 23 193 т, наибольшее 32 830 т при осадке соответственно 4 м и 5,6 м. Класс Регистра — КЕ⍟1 I (технологический понтон). Сдача баржи после достройки должна состояться весной 2006 г.

Для того же заказчика в январе на заводе осуществили стыковку на плаву другой баржи — трубоукладочной. Два понтона (101x14,5 м) были изготовлены на судоверфи в г. Галац компании Damen (Румыния) и затем отбуксированы в г. Нариманов. Здесь по специальной технологии провели сборку и сварку конструкций в единое целое, а также соединение систем, электротрасс и трубопроводов. Баржа-трубоукладчик предназначена для укладки труб на глубинах от 1,5 до 4 м. Ее длина 101, ширина 29, высота борта 5, осадка 3 м, водоизмещение порожнем 3600 т, грузоподъемность крана 35 т. Баржа строилась и стыковалась под надзором Регистра Ллойда.

## ОАО «БАЛТИЙСКИЙ ЗАВОД»

В середине февраля завод изготовил первый противокорабельный ракетный комплекс Club-N, который будет установлен на фрегатах пр. 17, строящихся на одной из индийских верфей для ВМС Индии. Контракт на три комплекса завод заключил с ФГУП «КБ специального машиностроения» в октябре 2004 г. (сдача второго и третьего — в апреле и октябре 2006 г.). Завод изготавливает пусковую установку 3С-14Э и автоматическую систему погрузки ракет. Систему наведения установят специалисты ОКБ «Новатор» уже в Индии.

Комплекс вертикального старта ракет Club-N разработан ОКБ «Новатор» специально для экспорта в Индию. Часть средств инвестировал Балтийский завод. Опыт производства данного изделия завод получил в 2000—2004 гг. в ходе постройки трех фрегатов пр. 11356 для Индии. Для изготовления комплексов были приобретены современные станки с числовым программным управлением, что позволило добиться высокого качества работ и сократить сроки производства.

## ОАО СЗ «СЕВЕРНАЯ ВЕРФЬ»

1 февраля в эллинге завода состоялась официальная церемония закладки головного фрегата пр. 22350 (ФГУП «Северное ПКБ») для ВМФ России. В ней приняли участие Главнокомандующий ВМФ В. В. Масорин и командующие флотов. Кораблю присвоено имя Адмирала Флота Советского Союза Сергея Георгиевича Горшкова. Фрегат предназначен для ведения боевых действий в дальней и ближней морских зонах, а также для решения задач в океанской зоне. Его наибольшая длина более 130 м, ширина более 16 м, водоизмещение около 4500 т, дальность плавания свыше 4000 миль, мореходность — без ограничений. На корабле будет обеспечено базирование вертолета. Планируется строительство серии таких фрегатов.

## ФГУП ПО «СЕВМАШ»

Севмаш заключил контракт на новую партию транспортно-упаковочных контейнеров (ТУК-120) для отработавшего ядерного топлива (ОЯТ). В сентябре 2005 г. был выигран тендер на изготовление партии ТУК-120, организованный Мурманским морским пароходством. 20 сентября заключили контракт на 20 контейнеров, а 7 февраля 2006 г. подписали дополнение к контракту , в

## НА КОЛЛЕГИИ ФГУП «РОСОБОРОНЭКСПОРТ»

15 февраля 2006 г. состоялось заседание коллегии ФГУП «Рособоронэкспорт», на котором подведены итоги работы предприятия за 2005 г. В прошлом году объем экспорта продукции военного назначения по линии ФГУП «Рособоронэкспорт» составил более 5,2 млрд дол. Таким образом, уже третий год подряд экспорт вооружения и военной техники превышает рекордную для новейшей истории России отметку. На коллегии было подчеркнуто, что за счет качественного и оперативного выполнения так называемых «коротких» контрактов предприятию удалось почти на 1 млрд дол. превысить плановое задание.

В результате целенаправленной маркетинговой работы обеспечен дальнейший рост и портфеля заказов предприятия. Только в 2005 г. сумма подписанных контрактов составила более 9 млрд дол., что гарантирует загрузку предприятий оборонно-промышленного комплекса страны на ближайшие пять лет. На коллегии отмечено, что в ходе предконтрактной работы предприятие уделяет равное внимание крупным и «малым» контрактам — от сотен тысяч до нескольких миллионов долларов.

Основными стратегическими партнерами России в 2005 г. в сфере военно-технического сотрудничества по-прежнему оставались Индия и Китай. Вместе с тем в минувшем году предприятие продолжало проводить линию по расширениюю географии экспорта военной продукции. Расширяется сотрудничество с такими перспективными партнерами из региона Юго-Восточной Азии, как Малайзия, Индонезия и Вьетнам, продолжается закрепление на латиноамериканском рынке, расширяется сотрудничество со странами Северной Африки, где предприятию впервые в российской истории удалось заключить контракт на поставку продукции военного назначения в Марокко.

Особенностью структуры прошлогоднего экспорта вооружения и военной техники стало значительное увеличение в общем объеме продаж доли техники ВМФ, которая превысила 52%. Доля авиационной техники составила около 44%. Особое внимание уделялось поставкам запасных частей и осуществлению программ модернизации. С этой целью в структуре предприятия создано специальное подразделение.

На коллегии также рассмотрены ключевые вопросы практической деятельности предприятия в 2006 г.

**В церемонии закладки головного фрегата пр. 22350 для ВМФ России в эллинге ОАО СЗ «Северная верфь» принял участие Главнокомандующий ВМФ России адмирал В. В. Масорин**

соответствии с которым Севмаш изготовит всю партию из 50 контейнеров. Работа должна быть завершена к концу 2007 г.

Контейнеры ТУК-120 аналогичны контейнерам ТУК-108/1, опыт производства которых у Севмаша уже есть. Разница лишь в том, что последние предназначены для хранения ОЯТ атомных подводных лодок ВМФ России и производятся в рамках российско-американской программы «Совместное сокращение угрозы», а контейнеры ТУК-120 будут использоваться для хранения ОЯТ российских атомных ледоколов. Все 50 контейнеров планируется разместить в специально оборудованном береговом хранилище. По мнению специалистов, это позволит полностью решить вопрос хранения неперерабатываемого ОЯТ ледокольного флота на ближайшие 50 лет. Помимо российских предприятий — ОАО «Мурманское морское пароходство», ФГУП «Атомфлот», ОАО «Апатитстрой», ФГУП ПО «Севмаш» — в проекте участвует английская компания Crown Agents. Великобритания (наряду с другими странами международного сообщества) финансирует реализацию программы комплексной утилизации и экологической реабилитации радиационно опасных объектов Северо-Запада России.

* * *

22 февраля в стапельном цехе Севмаша состоялась закладка морской полупогружной платформы «Moss CS-50 Mk. II» для норвежской компании Moss Mosvold Platforms AS. Контракт был заключен в июне 2005 г. В процессе переговоров подписали опцион еще на два сооружения. По условиям контракта, первую из трех платформ Севмаш построит за 18 мес, спустя полгода после начала ее строительства будет заключен контракт на вторую, еще через 6 мес — на третью.

Многоцелевая платформа со свободной палубой «Moss CS-50» относится к пятому поколению полупогружных платформ, спроектированных компанией Moss Maritime AS (Норвегия). Основные размерения 118 х 70 х 40 м, масса около 15 000 т. Палуба платформы способна нести конструкцию верхнего строения массой 20 000 т. В зависимости от назначения платформы на палубе можно разместить любое оборудование — добывающее, буровое, крановое, жилое.

## ФГУП МП «ЗВЕЗДОЧКА»

В феврале из Индии вернулись специалисты «Звездочки», участвовавшие в составе делегации ФГУП «Рособоронэкспорт» в переговорах. Итогом стало подписание ряда документов, в том числе парафирован контракт на модернизацию четырех индийских подводных лодок пр. 877 ЭКМ в местах их базирования. МП «Звездочка» назначена головным исполнителем контракта, который должен быть завершен в 2009 г.

* * *

В результате переговоров в Пекине в конце января подписан контракт на поставку ЗИП (запасные части, инструменты, принадлежности) для китайских эсминцев пр. 956. МП «Звездочка» самостоятельно получило этот заказ. С китайской стороны контракт подписали представители НОАК и компании «Политехнолоджис».

* * *

Специализированный винтообрабатывающий цех МП «Звездочка» в начале февраля отправил в адрес южнокорейской верфи Hyundai Mipo Dockyard второй гребной винт диаметром более 6 м. Его лопасти изготовлены из нержавеющей стали, ступица — из бронзы. Винт предназначен для танкера. В середине марта в этом цехе ввели в эксплуатацию новый фрезерно-расточный станок FCW-150 чешской фирмы Skoda, который позволит с высокой точностью (до 0,01 мм) обрабатывать детали, в том числе гребных винтов. В эти же дни Регистру был предъявлен 22 000-й гребной винт, изготовленный МП «Звездочка».

**ФГУП ПО «Севмаш» изготовит 50 транспортно-упаковочных контейнеров типа ТУК-120 для долговременного хранения ОЯТ российских атомных ледоколов**

30 января в ЦНИИТС состоялось общее (итоговое) собрание, в котором участвовали руководители или представители всех 29 предприятий — членов Ассоциации. С докладами и сообщениями выступили В. Л. Александров. А. А. Юрчак, Г. В. Проценко, И. Л. Вайсман, В. Е. Макавчик. Был принят отчет исполнительной дирекции Ассоциации о работе в 2005 г., которая признана удовлетворительной. Утверждена смета доходов и расходов, представлен план работ на 2006 г. Рассмотрев вопрос об отношениях с профсоюзами при подготовке и принятии коллективных договоров, рекомендовано руководствоваться положениями, условиями и нормами (как минимальными и обязательными), предусмотренными отраслевым соглашением, утвержденным в ноябре 2005 г. руководителем ФАП Б. С. Алешиным и председателем Российского профсоюза работников судостроения В. Е. Макавчиком.

Среди задач Ассоциации на 2006 г. — обеспечение принятия закона РФ «О внесении изменений и дополнений в отдельные законодательные акты РФ в части, касающейся создания нормативно-правовых условий для развития судостроительной промышленности» и постановления Правительства РФ «О создании механизмов стимулирования развития строительства современного рыбопромыслового флота на российских судостроительных предприятиях», подготовка и участие в Первой Всероссийской морской конференции, проведение подготовительной работы по учреждению Российского союза судостроителей и др.

## ОАО РЦПКБ «СТАПЕЛЬ»

25 февраля на судоверфи «Дон-Кассенс» состоялась закладка сухогрузного судна смешанного «река—море» плавания грузоподъемностью 3000 т для судоходной компании «Навигатор». Сухогруз

Морская полупогружная платформа «Moss CS-50 Mk. II» заложена в стапельном цехе ФГУП ПО «Севмаш» для норвежского заказчика

предназначен для перевозки генеральных, а также навалочных грузов. Проект выполнен Ростовским ЦПКБ «Стапель» на класс М-СП 3,5 с учетом требований международных конвенций для обеспечения захода в зарубежные порты. При постройке будут использоваться элементы бывшего в эксплуатации теплохода «Галицы» (типа «Калининград», пр. 21-88) в соответствии с руководящим документом Р.003-2003 Российского речного регистра.

* * *

РЦПКБ «Стапель» завершило работы по сертификации средств навигационного обеспечения (СНО) — морских буев и портовых знаков. В результате переработана и выпущена новая проектно-конструкторская документация, выпущены и зарегистрированы новые ТУ на СНО, получены сертификаты соответствия № РОСС RU.АЕ81.Н00515 и ... 516 в системе ГОСТ Р и разрешение на соответствующую маркировку изделий. Сегодня РЦПКБ «Стапель» имеет несколько крупных заказов на поставку СНО на внутренний рынок и за рубеж. Первая партия сертифицированной продукции отправляется в Объединенные Арабские Эмираты.

## ЗАО «ФИРМА "СОЮЗ-01"»

По техническому заданию ФГУП ЦКБ МТ «Рубин» фирма «Союз-01» разработала, согласовала с МО РФ и ввела с 20 мая 2005 г. технические условия ТУ 5728-001-34877654—2005 «Прокладки трубопроводные термостойкие (ПТТ) для соединений судового оборудования». ПТТ с уплотнительным кольцом в виде навитой спирали из V-образных чередующихся слоев нержавеющей стальной ленты и наполнителя из терморасширенного графита обеспечивают работоспособность, живучесть и стойкость фланцевых соединений с условным проходом от 10 до 500 мм при следующих условиях: давлении рабочей среды до 20 МПа, ее температуре от –200 °С до +500 °С (при пожаре — до +800 °С), коэффициенте обжатия 2,5, удельном давлении на ПТТ до 20 МПа, при вибрационных и ударных нагрузках, различных рабочих средах (морская и пресная вода, масла, нефтепродукты и др.). Срок службы — до 30 лет.

С 1 января 2006 г. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии введен в действие ГОСТ Р 52376—2005 «Прокладки спирально-навитые термостойкие. Типы. Основные размеры», разработанный фирмой «Союз-01» совместно с Научно-производственной ассоциацией арматуростроителей и Сертификационным центром «НАСТХОЛ».

www.snp-gost.ru www.souz-01.ru
www.standart1.ru

В подборке использованы информационные материалы, предоставленные редакции предприятиями и организациями, а также из газеты «Корабел» и Интернета.

# ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СОБСТВЕННОСТЬ — ТОВАР, ИСТОЧНИК БЛАГОСОСТОЯНИЯ, СРЕДСТВО ОБРЕТЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ НЕЗАВИСИМОСТИ

Учебный центр ФГУП ЦНИИТС провел 1—3 марта 2006 г. отраслевой семинар, на котором руководители и специалисты ряда предприятий отрасли, проектно-конструкторских и научных организаций обсудили тему «Интеллектуальная собственность (ИС) предприятий судостроительной промышленности: оформление, оценка и коммерческое использование».

В семинаре приняли участие специалисты 30 предприятий ОПК из 12 городов России, а также учёные и специалисты Федерального агентства по промышленности (ФАП), Федерального агентства по правовой защите результатов интеллектуальной деятельности («ФАПРИД»), ФГУП «Рособоронэкспорт», Всероссийской академии международной торговли, компании «Петропатент», Северо-Западного таможенного управления.

В рамках семинара и «круглого стола» были рассмотрены основные проблемы в сфере правового регулирования и использования результатов научно-технической деятельности, полученных за счет средств федерального бюджета и предприятий, обсуждены нормативно-правовые, экономические и другие аспекты коммерциализации использования ИС в производственном процессе и при выходе предприятий на внешний рынок.

В день открытия семинара было зачитано обращение заместителя руководителя ФАП А. Э. Джалаляна к его участникам. Подчеркнув важность рассматриваемой темы, А. Э. Джалалян обратил внимание на то, что перспективы развития национального судостроения в современных условиях определяются в большой степени возможностью создания российской инновационной системы, а это тесно связано с решением вопросов по введению в хозяйственный оборот и коммерциализации ИС, достижение этой цели невозможно без использования современных рыночных механизмов создания, использования и защиты исключительных прав на продукты ИС.

Сегодня возникают проблемы в связи с необходимостью коммерциализации огромного количества научно-технических результатов, созданных на предприятиях ОПК, организацией защиты ИС в ходе экспортных операций с продукцией и услугами военно-технического назначения.

Ведущим семинара был руководитель образовательных программ Учебного центра ФГУП ЦНИИТС докт. техн. наук, профессор А. И. Голосов. С докладами выступили: заместитель генерального директора ФГУ «ФАПРИД» П. Е. Бесшапов, президент компании патентных поверенных «Петропатент» канд. техн. и юрид. наук, патентный поверенный РФ О. В. Новосельцев, заместитель начальника Управления ВТС ФГУ «ФАПРИД» докт. физ.-мат. наук профессор В. Н. Гритченко, помощник генерального директора ОАО «Долгопрудненское НПП» В. М.Садков, начальник патентного отдела ФГУП ЦНИИ «Гранит», председатель коллегии патентных поверенных Санкт-Петербурга В.В. Туренко, руководитель программы профессиональной переподготовки Всероссийской академии внешней торговли А. И. Симаков, начальник бюро инновационных проектов и ТЭО НИОКР ФГУП ЦНИИТС В. И. Смирнов и др.

В выступлениях участников семинара основное внимание было уделено вопросам, связанным с инвентаризацией, защитой, оценкой, и передачей прав на объекты ИС, создаваемой отечественными производителями техники. Вынесение этих вопросов на публичное обсуждение помогло разобраться с их сущностью всем, кого волнуют проблемы защиты и коммерциализации интеллектуальной собственности. Однако на многие вопросы, к сожалению, не получено однозначных ответов.

Сегодня возникают трудности с коммерциализацией огромного количества научно-технических результатов, принадлежащих отечественным разработчикам. Если решено ввести в состав имущества ИС в виде нематериального актива, то необходимо, чтобы этот объект интеллектуальной собственности отвечал очень жестким единовременным условиям (ЛБУ 14/2000). В настоящее время эти условия противоречат некоторым юридическим определениям и тормозят легализацию объектов ИС в качестве нематериальных активов. Доля стоимости таких активов в имуществе предприятий ОПК сейчас составляет не более 2%. Реальная рыночная стоимость ИС отражена на балансах лишь некоторых предприятиях ОПК.

В процессе семинара задавалось много вопросов, в том числе и по проблемам лицензирования. Имеются ли типовые лицензионные соглашения, методики расчета стоимости лицензии? Есть ли описания тактики ведения переговоров и порядка разрешения споров? Конечно, всё это имеется. Но продавать лицензии на максимально выгодных для отечественного разработчика условиях, обеспечивающих его максимальную защиту, мы, видимо, ещё не научились. В общемировой торговле технологиями на долю Российской Федерации приходится всего лишь 0,5%.

Участники семинара только затронули вопрос об авторских правах, хотя авторское право касается практически всех областей деятельности человека.

Инновационный процесс не может основываться только на своих собственных разработках, не может не использовать достижения мировой науки и техники. Сегодня наши производители не способны поставлять для судостроения полную комплектацию требуемых технических средств отечественного производства, и мы вынуждены устанавливать на корабли и суда не только свои, но и лучшие образцы иностранного оборудования. Здесь возникают прямо противоположные проблемы — необходимость обеспечить получение наибольших прав, гарантий воспроизводимости технологий и предотвращения претензий третьих лиц при наименьших затратах. В условиях рынка сам инвестор должен определять, что ему выгоднее: осуществлять инновации на основе отечественных технологий или иностранных. Кроме того, перспектива преимущественного перехода на использование импортной морской техники чревата серьёзными проблемами в обеспечении военной и экономической безопасности страны.

Но это тема уже другого семинара, который может состояться в рамках обсуждения проблем становления инновационной системы, отвечающей задаче укрепления конкурентоспособности предприятий ОПК и индустриальной мощи России. Хочется верить, что и в нашей стране заработают, наконец, в полную силу законы развития техники, обеспечивая долгожданный подъем и промышленное возрождение, когда неизбежно получит развитие и рынок интеллектуальной собственности.

А. И. Голосов,
докт. техн. наук, профессор
(ФГУП ЦНИИТС)

# Северному ПКБ – 60 лет!

17 апреля 1946 года распоряжением Совета Министров СССР № 5134-рс Министерству судостроительной промышленности для реализации принятых планов военного кораблестроения на период с 1945 по 1947 г. разрешалось организовать в Ленинграде Центральное конструкторское бюро, присвоив ему № 53. С этого дня ведет отсчет своей деятельности одна из крупнейших кораблестроительных организаций в нашей стране — Федеральное государственное унитарное предприятие «Северное проектно-конструкторское бюро».

22 апреля 1946 г. филиал ЦКБ-17, располагавшийся на территории завода № 190 (Ленинградский судостроительный завод им. А.А.Жданова — ныне ОАО «Судостроительный завод "Северная верфь"»), приказом МСП был преобразован в ЦКБ-53.

Этому бюро суждено было стать ведущим отечественным конструкторским бюро по надводному кораблестроению. Первый гладкопалубный с большими модернизационными запасами эсминец пр. 41 со ставшим классическим расположением главной энергетической установки в независимых автономных отсеках, эскадренный миноносец пр. 56, — один из лучших эсминцев середины 50-х годов, первый газотурбинный надводный корабль пр. 61, большие противолодочные и сторожевые корабли различных проектов, наконец, тяжелый атомный ракетный крейсер пр. 1144 — вот вехи 60-летнего пути коллектива бюро.

Бюро расширило объем работ и при выполнении народнохозяйственных задач. Среди спроектированных им судов числятся китобойцы, рефрижераторы, научно-исследовательские и экспедиционные суда , а с 90-х годов — сухогрузы, балкеры и химовозы, которые до настоящего времени эксплуатируются в Германии, Австрии и Эстонии.

С середины 70-х годов прошлого века бюро оказывает техническое содействие зарубежным странам в проектировании и строительстве кораблей. По заказу Индии Северное ПКБ спроектировало фрегаты, для Китая по проектам бюро строятся эскадренные миноносцы, для Вьетнама — сторожевые катера.

Бюро является базовым предприятием по проектированию активных успокоителей качки, выбору и применению систем обеспечения пожаровзрывобезопасности надводных кораблей, а также по одиночному базированию летательных аппаратов на кораблях.

Сегодня ФГУП «Северное проектно-конструкторское бюро» — это оснащенное современными программными средствами ведущее предприятие России по проектированию надводных кораблей и гражданских судов различного назначения.

# ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО С ЗАРУБЕЖНЫМИ СТРАНАМИ

**В. И. Спиридопуло** (ФГУП «Северное ПКБ»)

УДК 339.92:623.8/9

Перспективы современного рынка вооружений приводят к неуклонному росту потребности в проектировании боевых надводных кораблей. На сегодняшний день порядка 180 стран имеют военно-морские силы, однако лишь немногие из них могут самостоятельно проектировать и строить корабли. Подобное положение дел повышает востребованность на мировом рынке конструкторских возможностей инженеров-кораблестроителей, среди которых российские корабелы занимают лидирующие места.

В 1957—1967 гг. на основе межправительственных соглашений Болгарии, Польше, ГДР, ОАР, Индонезии, Финляндии и Китаю поставлялись корабли проектов Северного ПКБ, в их числе эсминцы пр. 30бис (30БА, 30БК), 31 и 56А, 61, сторожевые корабли (СКР) пр. 50, причем часть сторожевых кораблей пр. 50 и эсминцев была построена в Китае при технической помощи ЦКБ-53.

На основании распоряжения Совета Министров СССР Северное ПКБ в 1974—1976 гг. на базе отечественных кораблей пр.61М разработало проект фрегата (пр. 61МЭ) для Индии, позже классифицированного ВМС Индии как эскадренный миноносец (главный конструктор Б. И. Купенский, затем А. Д. Шишкин, заместители — В. А. Бирман и О.Б.Купенский). С этого момента можно говорить об активизации военно-технического сотрудничества с зарубежными странами.

Корабли пр. 61МЭ оснащены ударным (класса «корабль—корабль») ракетным вооружением, зенитным («корабль—воздух»), артиллерийскими 76-мм и 30-мм установками, реактивными бомбометными установками и пятитрубным торпедным аппаратом, гидроакустическим комплексом с подкильной и буксируемой антеннами, вертолетом с ангаром в прочном корпусе, а также радиотехническим вооружением и средствами связи.

Пять кораблей этого проекта строились на заводе им. 61 Коммунара в Николаеве. Головной корабль серии — «Раджпут» был передан ВМС Индии в 1980 г., последний корабль — в 1987 г. Таким образом, впервые в практике отечественного кораблестроения были спроектированы и построены на экспорт корабли большого (около 5000 т) водоизмещения. Корабли пр. 61МЭ до сих пор находятся на вооружении ВМС Индии и, как правило, выполняют флагманские функции. Они модернизируются с целью оснащения их новыми противокорабельным и зенитно-ракетным комплексами.

По просьбе индийского правительства и согласно распоряжению Совета Министров СССР Северное ПКБ совместно с представителями ВМФ определили состав вооружения и военной техники советского производства для установки на кораблях, проектируемых в Индии. В 1984—1986 гг. в Дели были командированы специалисты

Индийский фрегат пр. 61МЭ

Фрегат пр. 11356 «Дозорный», спроектированный по заказу ВМС Индии

бюро и контрагентских предприятий для участия в разработке эскизных и технических проектов 15, 16, 25 для ВМС Индии. В дальнейшем специалисты бюро участвовали в монтаже, наладке, испытаниях вооружения и военной техники отечественного производства, установленных на этих кораблях.

В настоящее время корабли, построенные по пр.15, 16, 16А, 25 и 25А на индийских верфях при техническом содействии специалистов Северного ПКБ и контрагентов, находятся в составе ВМС Индии.

В конце 90-х годов XX века Северное ПКБ разработало техническую документацию фрегата пр.11356 (главный конструктор — В. А. Перевалов, его заместители — Б. А. Пищугин, А. А. Мизгирев, Г. И. Ивашкин, П. К. Завьялов, А. Л. Рабинов, В. П. Бобровский, В. Б. Федюшин). За основу был взят пр.11351 сторожевого корабля, созданного в бюро и в конце 70-х годов серийно строившегося для морских частей пограничных войск СССР.

Новый корабль проектировался по заказу ВМС Индии. Одной из его отличительных особенностей стало новое вооружение, образцы которого принимались и испытывались вместе с кораблем. Так, на корабле установлен новый противокорабельный комплекс «Club-N» с универсальной вертикальной пусковой установкой и крылатыми ракетами с отделяющейся на конечном участке траектории полета сверхзвуковой боевой частью и дальностью стрельбы свыше 200 км. Созданный российскими специалистами, он стал первым в отечественной практике ударным комплексом с вертикальным стартом. Новыми стали артиллерийское вооружение — 100-мм артиллерийская установка А-190 с системой управления «Пума» и зенитный ракетный комплекс среднего рубежа «Штиль-1» (ранее не устанавливался ни на одном из российских военных кораблей). Защиту от средств воздушного нападения в ближней и ближайшей зонах обеспечивает зенитный ракетно-артиллерийский комплекс «Каштан».

Противолодочное вооружение фрегата состоит из двух гидроакустических станций (буксируемой и в бульбовом обтекателе), двух торпедных аппаратов и реактивной бомбометной установки. Дополняет противолодочный комплекс вертолет, для постоянного базирования и обслуживания которого предусмотрен ангар.

Главная энергетическая установка корабля состоит из двух маршевых и двух форсажных газовых турбин, причем на малых ходах на оба гребных вала может работать только одна турбина. Этим достигается значительная экономия топлива и моторесурса.

Корпус имеет не совсем традиционный для отечественных кораблей внешний вид. Он проектировался с учетом технологии «Стелс» в целях снижения радиолокационной заметности и, как следствие, имеет надстройку с большими углами завала стенок, интегрированную с основным корпусом. По этому проекту было построено три фрегата в ОАО «Балтийский завод». В настоящее время, также по заказу ВМС Индии, в бюро проектируется новый экспортный фрегат с усиленным составом вооружения.

В 1999—2000 гг. Северное ПКБ оказывало техническое содействие в проектировании индийскими специалистами корабля пр.17 (главный конструктор — В. А. Бирман, заместитель — О. Б. Купенский). В частности, была разработана проектно-конструкторская документация по размещению на корабле российского вооружения.

В 2001 г. военно-морскими силами Вьетнама был принят на вооружение патрульный корабль проекта ФГУП «Северное ПКБ» — ПС-500 (главный конструктор — В. И. Мутихин, заместители — А. Ю. Наумов, Ю. А. Чевыренков). Впервые в практике отечественного судостроения для кораблей подобного класса и водоизмещения успешно применили форму корпуса типа «глубокое V», позволившую повысить мореходность, а в качестве движителей, тоже впервые, — два водомета большой мощности (по 7350 кВт

ВМС Вьетнама в 2001 г. был принят на вооружение патрульный корабль пр. ПС-500

**Прибытие эсминца «Hangzhou» (пр. 956Э) на военно-морскую базу Ужоу Шань. Февраль 2002 г.**

каждый) с реверсивно-рулевыми устройствами, что позволило отказаться от рулей. Сочетание новейших достижений в области развития форм корпуса и водометов позволило достичь исключительной маневренности корабля во всем диапазоне скоростей хода (малый крен циркуляции, разворот на «стопе», движение лагом).

Длина корабля составляет 62 м, ширина — 11 м, водоизмещение — 517 т. На нем установлены: ракетный комплекс «Уран-Э» с системой управления КТ-184Э; 76,2-мм артустановка АК-176М; 30-мм АУ АК-630М1 и переносный зенитный ракетный комплекс «Игла-1Э». Система управления артиллерийскими установками — МР-123-02. В качестве радиолокационной станции общего обнаружения используется «Позитив-Э».

В ноябре 1992 г. был подписан указ Президента Российской Федерации о продаже Китаю двух недостроенных эсминцев пр. 956, однако реальное проектирование (разработка технического корректированного пр. 956Э) началось только в 1997 г. (главный конструктор — И. И. Рубис, заместители — Ю. П. Романов, В. И. Голяк, И. М. Шрамко).

На этих эсминцах сохранилось практически все основное оборудование пр. 956, но только в экспортном варианте. Принципиально иным было лишь размещение дополнительных средств радиоэлектронной борьбы и нового автоматизированного комплекса радиосвязи.

Одновременно с корректировкой технического проекта и выпуском новых рабочих чертежей бюро разрабатывало и передавало заказчику общепроектную эксплуатационную документацию для обучения экипажа. Контракт предусматривал и порядок передачи построенных кораблей ВМС Китая. Первоначально все испытания должны были проходить под управлением экипажа ВМФ России и заводской команды. Только после этого, включая контрольный выход в море, после ревизии механизмов корабль передавался китайскому экипажу, подготовка которого велась в училищах и учебных центрах России. В связи с особенностями передачи кораблей их снова ввели в списки ВМФ России под прежними именами — «Важный» (зав. № 878) и «Вдумчивый» (зав. № 879).

30 декабря 1999 г. был подписан акт приемки на первый эсминец для китайских ВМС, а 25 ноября 2000 г. — на второй. «Важный» получил наименование «Hangzhou» и бортовой номер 136, а «Вдумчивый» — «Fuzhou» (№ 137).

Следующим экспортным проектом, разработанным Северным ПКБ, стал пр.956ЭМ модернизированного эсминца, по которому для ВМС Китая строятся также два корабля. Его наибольшая длина составляет 156,5 м, ширина — 17,2 м, водоизмещение около 8500 т. Паротурбинная энергетическая установка мощностью 73 500 кВт обеспечивает скорость полного хода 32 уз.

Основным вооружением корабля являются: ударный ракетный комплекс «Москит-МВЕ» с двумя счетверенными пусковыми установками, зенитный ракетный комплекс «Штиль-1», двухорудийная 130-мм артиллерийская установка АК-130, зенитный ракетно-артиллерийский комплекс «Каштан» с двумя боевыми модулями, два двухтрубных торпедных аппарата, две реактивные бомбометные установки. На корабле предусмотрено базирование одного вертолета Ка-28.

В качестве основного радиотехнического вооружения используются: РЛС «Фрегат-М2ЭМ», КРК «Минерал-МЭ», НРЛС МР-212/201. В носовом бульбовом обтекателе размещен гидроакустический комплекс МГК-335 ЭМ-03.

Новым направлением в военно-техническом сотрудничестве с Китаем стало оказание технического содействия в проектировании строительстве кораблей по темам 968 и 988 в части размещения и интеграции на них вооружения и технических средств российского производства. Данные корабли строятся на верфях КНР.

В настоящее время Северное ПКБ продолжает работать над проектами эскадренных миноносцев, которые могут быть востребованы как зарубежными заказчиками, так и российским ВМФ. Одна из последних работ — эсминец водоизмещением около 9000 т. Корабль является многоцелевым и предназначен для борьбы как с надводными кораблями, так и с подводными лодками.

Ключевыми во многих странах стали программы строительства корветов и фрегатов. Причем первое место по востребованности на рынке заняли корветы. Учитывая эти обстоятельства, Северное ПКБ уделяет особое внимание разработке проектов многоцелевых корветов водоизмещением 1000—2000 т, а также легких корветов водоизмещением 500—1000 т, спроектированных с учетом технологии «Стелс». К ним относятся проекты корветов 1350, 1800 и патрульного судна ПС-300.

Многоцелевые корветы могут быть оснащены универсальным ракетным комплексом «Club-N» с противокорабельными и противолодочными ракетами. Для поражения средств воздушного нападения предполагается установка зенитно-ракетного комплекса «Штиль» с пусковыми установками вертикального старта и новейшей системой управления. Возможна установка зенитного ракетно-артиллерийского комплекса «Каштан-М». Для стрельбы

по надводным береговым и воздушным (в том числе и низколетящим) целям предусмотрены артиллерийские комплексы калибра 100 мм и 30 мм.

В качестве главных энергетических установок используются комбинированные установки, состоящие из дизель-редукторных агрегатов, работающих на винты фиксированного шага, и газотурбинных агрегатов, работающих на водометные бустерные установки. Корветы могут достигать скорости полного хода до 30 уз с дальностью плавания более 4000 миль и автономностью по запасу провизии до 30 сут.

На проектах легких корветов в качестве комплексов вооружения могут быть установлены: новейший ракетный комплекс «Уран-Э», 76-мм или 100-мм артиллерийские установки, зенитный ракетно-артиллерийский комплекс «Каштан-М», 400-мм торпедные аппараты, пулеметы калибра 12,7 мм, комплексы обнаружения радиоизлучения и постановки помех, опускная гидроакустическая станция и трехкоординатный радиолокатор.

Высокий модернизационный потенциал разработанных корветов позволяет варьировать состав вооружения в процессе серийного строительства и создавать на единой платформе различные корабли в зависимости от поставленных задач и потребностей рынка.

Хотелось бы отметить, что на все предлагаемые Северным ПКБ проекты кораблей возможна установка комплексов вооружения и комплектующего оборудования как российского, так и иностранного производства. Большой опыт сотрудничества в области кораблестроения с зарубежными фирмами позволяет бюро оперативно учитывать любые пожелания заказчика и обеспечить техническое сопровождение постройки кораблей на российских верфях и на верфях инозаказчика.

# ЭСКАДРЕННЫЕ МИНОНОСЦЫ пр. 956 «САРЫЧ»

**В. П. Мишин** (ФГУП «Северное ПКБ»)

УДК 623.823

К 70-м годам XX века в советском ВМФ срок службы эсминцев, вооруженных 130-мм артиллерийскими установками Б-2ЛМ и СМ-2-1, приблизился к предельному, а количество таких кораблей в составе флота уменьшалось. Эти обстоятельства в известной степени обусловили потребность в создании эскадренного миноносца следующего после пр. 30-бис и 56 поколения, имеющего наряду с ракетами мощное артиллерийское вооружение, способного как самостоятельно, так и в составе корабельных группировок подавлять наземные цели, уничтожать надводные корабли противника и средства воздушного нападения, а также осуществлять защиту морских коммуникаций.

Корабль, отвечающий поставленным требованиям, был предусмотрен планом проектирования и «Программой строительства кораблей и судов в 1971—1980 гг.», утвержденной в сентябре 1969 г. В оперативно-тактическом задании предусматривались действия корабля в основном совместно с десантными отрядами. Они заключались в подавлении наземных малоразмерных целей, объектов противодесантной обороны, скоплений живой силы и боевой техники противника, а также огневой поддержке противовоздушной и противокатерной обороны десанта как в районе высадки, так и на переходе морем и в уничтожении надводных кораблей и десантно-высадочных средств противника. В результате основной калибр артиллерии проектируемого корабля предполагался не менее 130 мм.

Однако уже на начальной стадии проектирования боевые задачи нового корабля с перспективной автоматической артиллерией стали расширять, что потребовало от проектантов многовариантной предэскизной работы. В частности, были рассмотрены различные комбинации средств вооружения в сочетании с тремя типами энергетической установки: котлотурбинной, дизель-газотурбинной и газотурбинной.

Крупносерийное строительство эсминцев предполагалось на Ленинградском судостроительном заводе им. А. А. Жданова (сейчас ОАО СЗ «Северная верфь»). Поэтому их главные размерения ограничивались в основном размерами построечных мест, при этом длина корабля не должна была превышать 146 м, а ширина — 16,8 м.

В качестве главной энергетической установки (ГЭУ) рассматривались четыре варианта котлотурбинной установки традиционной эшелонной схемы и два варианта ГЭУ с газотурбинными двигателями, расположенными как линейно (с маршевой и форсажной частями), так и эшелонно.

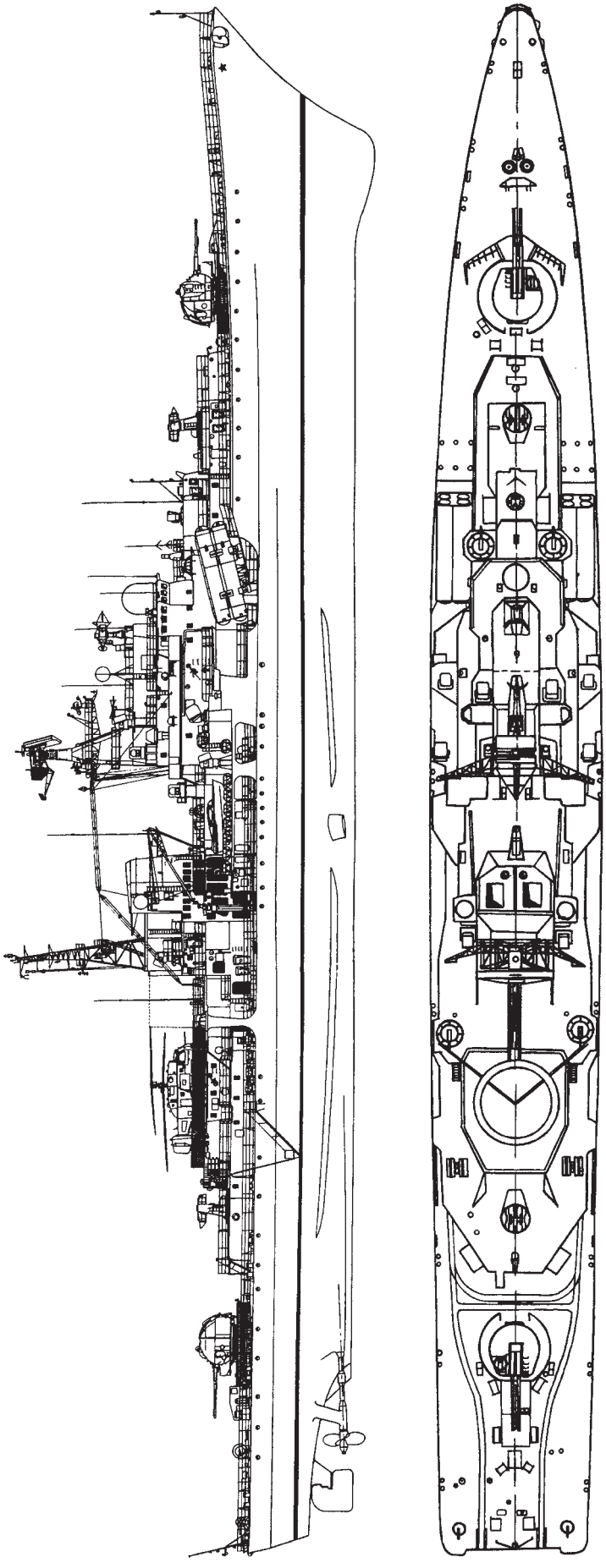
В связи с назначением в начале 1971 г. А. К. Шнырова ведущим конструктором проекта 1155 нового большого противолодочного корабля (БПК), аванпроект эсминца завершил В. А. Коноплев — ведущий конструктор проектов 58, 1134, 1134А. Результаты аванпроекта послужили базой для разработки тактико-технического задания (ТТЗ) на эскизное проектирование.

В январе 1971 г. приказом начальника ЦКБ-53 А. К. Перькова главным конструктором нового эсминца был назначен К. А. Масленников, его заместителями — И. И. Рубис и Ю. Т. Васильев.

Эскизный проект 956 (шифр «Сарыч») был утвержден Адмиралом Флота Советского Союза С. Г. Горшковым 16 декабря 1972 г. В большинстве рабочих документов на стадии эскизного проекта корабль классифицировался как «эскадренный миноносец», но по новой классификации кораблей ВМФ СССР, принятой в 1977 г., его включили в класс «эскадренный миноносец I ранга».

После корректировки технического проекта, оформленного совместным решением МСП и ВМФ в ноябре 1973 г., проектантами для расчета стоимости рабочего проекта было подсчитано количество чертежей и документации, которое на 1974 г. составило уже 19 610 ед. Введение автоматизированной системы управления производством на судостроительном заводе потребовало изменения уже разработанных технологических комплектов и введения специального кодирования.

Примененный для создания нового корабля агрегатно-модульный метод проектирования (даже при частичном внедрении) требовал разра-



Общее расположение эскадренного миноносца I ранга пр. 956

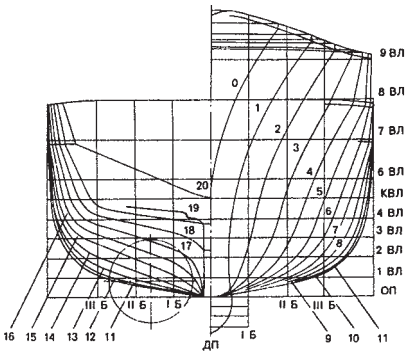
ботки дополнительных рабочих чертежей повышенной сложности.

Техническое руководство проектными работами, контроль за ходом работ по проекту, организацию решения технических вопросов, возникавших на заводе-строителе, а также авторский надзор за работами на кораблях в период постройки и сдачи выполняла группа главного конструктора И. И. Рубиса, в которую на этапе строительства головного корабля входили В. П. Мишин, (впоследствии главный конструктор проектов 1155, 11551 и 956Э), Ю. П. Романов, который с 1978 г. и по настоящее время осуществляет координацию работ бюро-проектанта с заводом-строителем и субподрядчиками, и Ю. В. Шварев. После перевода Ю. В. Шварева в МСП, в группу главного конструктора был назначен Ф. В. Аникиев. Главным наблюдающим по проекту 956 был назначен капитан 2-го ранга И. М. Стецюра, а затем капитан 2-го ранга В. Г. Басов.

Для строительства новых эсминцев на Ленинградском судостроительном заводе им. А. А. Жданова в бюро были разработаны «Основные положения по технологии и организации постройки». Корабль разделили на девять строительных районов и девять строительных блоков. Постройка велась последовательно на трех позициях.

Закладка головного корабля пр. 956 — эсминца «Современный» — состоялась 3 марта 1976 г. Формирование корпуса производили на первой позиции открытого стапеля, а на двух позициях закрытого эллинга осуществляли погрузку и монтаж паровых котлов, главных и вспомогательных механизмов, успокоителей качки и крупногабаритного оборудования; устанавливали надстройки, затягивали кабель, изолировали помещения и др. Корпус собирался секционным способом с формированием блоков от закладного района (машинно-котельных отделений) в нос и корму.

Предельная масса днищевых секций составляла 50 т, а палубных и бортовых секций — 35 т. Проектом предусматривался агрегатный метод монтажа механизмов. Электромонтажные работы проводились последовательно по строительным районам, по так называемой автономно-районной технологии.




**Проекция «корпус» теоретического чертежа эскадренного миноносца пр. 956**

Главный конструктор Северного ПКБ А. Н. Кожевников писал в своих воспоминаниях, что «внедрение МАМ (модульно-агрегатного метода) при строительстве кораблей оказалось для отечественного судостроения проблемой комплексной, многоплановой», оно потребовало перестройки производства как у разработчиков, так и у поставщиков оборудования, вооружения и механизмов; в некоторых случаях возникала потребность в полной реконструкции предприятий. Эти обстоятельства вызвали у руководящих работников МСП сомнения в целесообразности внедрения МАМ в судостроении, и работы в этом направлении были прекращены.

Спуск головного корабля «Современный» состоялся с помощью спускового плавдока завода 18 ноября 1978 г. при технологической готовности около 70%. Государственные испытания эсминец проходил в районе Балтийска и Лиепаи с 16 ноября по 25 декабря 1980 г. Средняя скорость составила 32,7 уз при водоизмещении 7250 т.

Подписание акта приемки 25 декабря 1980 г. одновременно с подъемом Военно-морского флага еще не означало вступление эсминца в строй ВМФ СССР, так как не были закончены монтаж и испытания артиллерийских установок АК-130 и пусковых установок зенитных управляемых ракет (ЗУР) 3С-90 зенитно-ракетного комплекса (ЗРК) «Ураган» и ракетного комплекса «Москит», не прошли испытания устройства приема и передачи грузов на ходу; требовали испытаний и некоторые системы радиотехнического вооружения. Только в августе 1982 г. полностью оснащенный всеми видами вооружения и испы-

## АНАЛОГОВ В МИРЕ НЕТ!

10 апреля 1981 г. газета «Красная звезда» на первой полосе опубликовала небольшую заметку «На вахте — крейсер "Киров"» и крупным планом фотографию могучего боевого корабля, острым форштевнем разрезающего волну. В заметке сообщалось: «"Киров" опять в боевом строю флота. Знакомое имя написано на борту ракетного крейсера, в котором воплощен современный уровень военного кораблестроения державы. На боевых постах несут вахту сыновья и внуки героев Великой Отечественной войны».
К началу 70-х годов прошлого века роль и значение надводных кораблей ВМФ существенно возросли. Оснащение ракетным оружием повысило их ударные наступательные возможности, а принятие на вооружение новых ракетных и артиллерийских зенитных комплексов укрепило их боевую устойчивость. Период «холодной войны» требовал создания многоцелевых кораблей, способных длительное время находиться в удаленных районах океана, осуществляя непрерывное слежение за атомными подводными лодками и авианосно-ударными группами кораблей блока НАТО.
Такие уникальные корабли создавались в морской столице страны Ленинграде, и большинство из них проектировалось Северным проектно-конструкторским бюро, отмечающим в этом году свое 60-летие.
Здесь был разработан проект тяжелого атомного ракетного крейсера «Киров». Его по праву можно назвать гордостью ВМФ, кораблем XXI века.
Строительство «Кирова» стало революционным шагом в развитии надводного кораблестроения. И совсем неслучайно побывавший на крейсере в начале 90-х годов адмирал У. Кроу (в то время председатель комитета начальников штабов вооруженных сил США) оставил в книге почетных посетителей корабля запись: «С большим уважением и теплом отношусь к командиру, офицерам и экипажу крейсера "Киров". Вы служите на одном из самых известных кораблей в мире».
В этом отзыве прежде всего ваша заслуга, дорогие конструкторы!
Коллектив Северного ПКБ всегда отличался широким техническим кругозором, богатым инженерным и конструкторским опытом, развитым чувством новизны, постоянным стремлением к внедрению новейших достижений науки и техники. Преемственность поколений, воспитание молодых конструкторских кадров — вот залог творческих успехов вашего коллектива!
Первый экипаж и последующие поколения моряков гордятся тем, что служили на крейсере «Киров». С большой теплотой вспоминается наша совместная работа по созданию головного корабля.
Желаю всему коллективу Северного проектно-конструкторского бюро крепкого здоровья, огромных творческих успехов, новейших достижений в отечественном кораблестроении. Девиз «Аналогов в мире нет!» должен стать вашей визитной карточкой.

*А.С. Ковальчук,*
*первый командир*
*тяжелого атомного ракетного крейсера «Киров»,*
*контр-адмирал*

Эскадренный миноносец пр. 956 «Бесстрашный» на ходу

танный по полной программе «Современный» вступил в строй ВМФ, практически одновременно с первым серийным эсминцем пр. 956 «Отчаянный».

В эсминце «Современный» нашли свое воплощение лучшие традиции проектирования Северного ПКБ и талант главного конструктора проекта И. И. Рубиса. По архитектурно-конструктивному типу эсминец относится к кораблям полубачного типа с умеренно развитой надстройкой. Его корпус разделен на 16 водонепроницаемых отсеков. Основные корпусные конструкции, фундаменты и подкрепления выполнены из низколегированной стали. Надводная часть корпуса в районах наибольшей концентрации напряжений выполнена из стальных листов с повышенным пределом текучести, надстройки изготовлены из алюминиевых сплавов и соединены с конструкциями верхней палубы и палубы бака с помощью клепки. Конструктивная особенность корабля — размещение в корму от машинно-котельного отделения двух продольных переборок, обеспечивающих повышенную жесткость кормовой оконечности.

Теоретические обводы корпуса были выбраны из условий обеспечения хорошей мореходности, в частности достижения незаливаемости палубы на волнении 6—7 баллов и уменьшения сопротивления воды движению корабля. Отношение длины к ширине по сравнению с предыдущими кораблями стало несколько меньше и составило 8,7 (для эсминца пр. 56 — 9,51; для БПК пр. 61 — 9,36; пр. 1134А — 9,14). Это было не только вынужденной мерой из-за ограничений по построечному месту, но и обеспечивало сравнительно хорошую всходимость на волну. Для улучшения характеристик управляемости на скоростях до 6 уз в оконечностях корабля разместили две выдвижные винторулевые колонки, что позволило кораблям пр. 956 не только швартоваться практически в любых условиях, но и двигаться со скоростью до 3 уз. Основные тактико-технические элементы эсминца пр. 956 приведены в табл. 1.

Установленный на корабле противокорабельный ракетный комплекс (ПКР) «Москит» с двумя счетверенными ненаводящимися пусковыми установками защищен противоосколочной броней; его ракеты обладают сверхзвуковой скоростью (более 2М) и дальностью полета до 120 км. Система управления позволяет выполнять залп из всех восьми пусковых труб.

Для защиты корабля от современных средств воздушного нападения на эсминце установлен многоканальный зенитно-ракетный комплекс «Ураган», включающий в себя две однобалочные наводящиеся пусковые установки (ПУ) с общим боекомплектом 48 ЗУР типа 9М38М1, хранящимся в двух погребах на поворотных барабанах. Система управления состоит из вычислительного комплекса и шести радиопрожекторов подсвета цели (количество одновременно обстреливаемых целей 4—6). Комплекс может использоваться и для поражения надводных объектов.

Для обстрела морских, береговых и воздушных целей корабль оснащен двумя спаренными 130-мм артустановками АК-130 (масса снаряда 32 кг, дальность стрельбы 23 км, темп стрельбы 20—90 выстр./мин), а для защиты от поражения крылатыми ракетами в ближней зоне — четырьмя 30-мм автоматами АК-630М с вращающимся блоком из шести стволов.

В качестве противолодочного вооружения на корабле размещены два двухтрубных 533-мм торпедных аппарата по бортам и две реактивные бомбометные установки РБУ-1000 в надстройке (в районе вертолетной площадки). Целеуказание для них осуществляется от гидроакустического комплекса МГК335МС с антенной в носовом бульбовом обтекателе. На штатные минные рельсы на палубе можно принять до 22 мин заграждения. Кроме того, на корабле предусмотрено временное базирование вертолета Ка-27 для борьбы с подводными лодками и ведения радиолокационной разведки с целью выдачи целеуказаний ком-

Таблица 1

**Основные тактико-технические элементы эскадренного миноносца пр. 956**

| Наименование | Значение |
|---|---|
| Водоизмещение, т: | |
| стандартное | 6500 |
| полное | 7940 |
| Главные размерения, м: | |
| длина наибольшая/КВЛ | 156,5/145,0 |
| ширина наибольшая/КВЛ | 17,2/16,2 |
| осадка средняя при нормальном водоизмещении | 5,2 |
| Тип, мощность ГЭУ, л. с. | КТУ, 100 000 |
| Скорость хода, уз | 32,0 |
| Дальность плавания, миль (со скоростью, уз) | 5000 (18) |
| Экипаж, чел. | 347 |
| ВООРУЖЕНИЕ | |
| Противокорабельное ракетное (боезапас) | 2х4 ПУ ПКРК «Москит» (8) |
| Зенитное ракетное (боезапас) | 2х1 ПУ ЗРК «Ураган» (48) |
| Артиллерийское | 2х2-130, 2х6-30 |
| Противолодочное: | |
| торпедное | 2х5-533) |
| бомбовое | 2 РБУ-1000 |
| Авиационное | 1 вертолет Ка-27 |
| РЛС обнаружения воздушных и надводных целей | МР-710 |
| Средства радиоэлектронной борьбы | Набор средств |
| Гидроакустическая станция | МГК-335 МС |

плексу «Москит». Вертолет размещается в раздвижном ангаре.

Эсминцы этого проекта стали единственными в мире кораблями третьего поколения с котлотурбинной установкой из двух высоконапорных котельных установок КВГ-2 с турбонаддувочными агрегатами. Производительность каждого из четырех котлов составляет до 100 т/ч при давлении 6 МПа и температуре 470 °С.

Электроэнергетическая установка суммарной мощностью 4900 кВт состоит из двух паротурбогенераторов АК-1В по 1250 кВт и четырех резервных дизель-генераторов по 600 кВт, обеспечивая всех потребителей переменным трехфазным током частотой 50 Гц и напряжением 400 В.

Уменьшению амплитуд бортовой качки способствует активный успокоитель качки с двумя бортовыми рулями.

Для размещения экипажа предусмотрены: для офицеров — одно- и двухместные каюты, для мичманов — двух- и четырехместные каюты, для матросов — 16 кубриков. Требуемые условия обитаемости экипажа обеспечиваются при температуре наружного воздуха от –25 °С до +34 °С, в частности, системой кондиционирования воздуха, которой оборудованы жилые и служебные помещения, посты и погреба боезапаса.

В процессе строительства серии (табл. 2) проект подвергался частичной модернизации. Так, заменили главные котлы на более совершенные, вместо радиолокационной станции (РЛС) «Фрегат-М» (МР-710) установили ее новую модификацию «Фрегат-М1» (МР-710М-1), а затем «Фрегат-М2» (МР-750) с двумя плоскими антеннами.

В 1981—1982 гг. бюро выполнило ряд проектных исследований по совершенствованию боевых и эксплуатационных возможностей корабля, установке на нем новых образцов вооружения и техники. По механической части главное внимание было уделено рассмотрению различных вариантов ГЭУ, в частности, возможности замены котлотурбинной на газотурбинную. Анализировались варианты изменения состава вооружения, прежде всего средств противолодочной обороны (ПЛО). Было проработано размещение более мощных гидроакустических комплексов, позволяющих существенно увеличить дальность и улучшить точностные и вероятностные характеристики обнаружения целей, а также базирование на корабле двух (вместо одного) противолодочных вертолетов с соответствующим боезапасом. В дополнение к ЗРК коллективной обороны «Ураган» предусматривалось размещение от двух до четырех модулей ЗРК самообороны. Для улучшения возможностей радиолокационных средств корабля, в частности освещения воздушной обстановки и обеспечения целеуказанием оружия, были проработаны варианты размещения второго антенного поста радиолокационной системы общего обнаружения.

Результаты анализа военно-экономической эффективности показали, что создание многоцелевого корабля методом простого сложения на одном корабле всех видов вооружения — очень дорогой путь к решению этой сложной проблемы, что и явилось одной из немногих причин, по которой дальнейшая модернизация проекта не получила развития.

В конце 80-х годов в Северном ПКБ начались работы над пр. 956У (эсминец с усиленным составом вооружения). Главным конструктором этого корабля оставался И. И. Рубис,

Таблица 2

**Строительство эскадренных миноносцев пр. 956 на ЛСЗ им. А. А. Жданова**

| Наименование | Заводской номер | Дата | | |
|---|---|---|---|---|
| | | закладки | спуска на воду | подписания акта приемки |
| «Современный» | 861 | 03.03.76 | 18.11.78 | 25.12.80 |
| «Отчаянный» | 862 | 04.03.77 | 29.03.80 | 30.09.82 |
| «Отличный» | 863 | 22.04.78 | 21.03.81 | 29.09.83 |
| «Осмотрительный» | 864 | 27.10.78 | 24.05.82 | 30.09.84 |
| «Безупречный» | 865 | 28.01.81 | 25.07.83 | 06.11.85 |
| «Боевой» | 866 | 26.03.82 | 04.08.84 | 28.09.86 |
| «Стойкий» | 867 | 28.09.82 | 27.07.85 | 30.12.86 |
| «Окрыленный» | 868 | 16.04.83 | 31.05.86 | 30.12.87 |
| «Бурный» | 869 | 04.11.83 | 30.12.86 | 30.09.88 |
| «Гремящий» (до 14.10.88 «Ведущий») | 870 | 23.11.84 | 30.05.87 | 30.12.88 |
| «Быстрый» | 871 | 19.10.85 | 28.11.87 | 30.09.89 |
| «Расторопный» | 872 | 15.08.86 | 04.06.88 | 30.12.89 |
| «Безбоязненный» | 873 | 08.01.87 | 18.02.89 | 28.11.90 |
| «Безудержный» | 874 | 24.02.87 | 30.09.89 | 25.06.91 |
| «Беспокойный» | 875 | 18.04.87 | 09.06.90 | 28.12.91 |
| «Настойчивый» (бывший «Московский комсомолец») | 876 | 07.04.88 | 19.01.91 | 28.12.92 |
| «Бесстрашный» | 877 | 06.05.88 | 28.12.91 | 30.12.93 |

**Эскадренный миноносец пр. 956М «Вдумчивый» перед передачей ВМС КНР**

а главным наблюдающим вначале был капитан 2-го ранга С. Н. Сургаев, а затем капитан 2-го ранга М. А. Цюх. Рассматривалось несколько вариантов. Первый вариант отличался от базового тем, что вместо ПУ для противокорабельных ракет (ПКР) «Москит» размещались наклонные универсальные пусковые установки (УПУ) СМ-403 для 16 ПКР; по второму варианту кроме перечисленного вместо кормовой 130-мм артустановки АК-130 размещалась вертикальная УПУ 3С-14 на 16 ПКР.

Наконец, третий вариант предусматривал только кормовые вертикальные УПУ типа 3С-14 на 24 ракеты. В УПУ предполагалось разместить ПКР «Оникс» и «Калибр» в любой комбинации. Целеуказание для ПКР предполагалось обеспечить от нового радиолокационного комплекса (РЛК), устанавливаемого вместо РЛК «Минерал» (КРС-27). Бомбометы РБУ-1000 и артустановки АК-630М предполагалось заменить на два боевых модуля зенитного ракетно-артиллерийского комплекса (ЗРАК) «Кортик» для первого и второго варианта и на четыре — для третьего. В итоге стандартное водоизмещение возрастало до 6700—6750 т. Несмотря на то, что к концу 1991 г. все проектные работы были выполнены, достройка кораблей по пр. 956У из-за отсутствия финансовых средств не производилась.

В 1993 г. на базе конверсируемых корпусов кораблей пр. 956 (зав. № 879 и 880) бюро выполнило проработку пассажирского судна, которое предназначалось для линейных перевозок пассажиров и кратковременных круизных рейсов. Пассажиров предполагалось разместить в 11 каютах «люкс», 18 одноместных и 205 двухместных каютах; на судне предусматривались два ресторана на 360 мест, четыре бара, казино, помещение игровых автоматов, видеосалон, помещение спортивных тренажеров, две сауны, пляж «лидо» и универсальный магазин. Но проект остался неосуществленным.

Два корабля из имевшегося на судостроительном заводе «задела» (зав. № 878 и 879) были достроены по пр. 956Э (главный конструктор И. И. Рубис) для ВМС Китая, еще два в настоящее время строятся для того же заказчика по пр. 956ЭМ (главный конструктор В. П. Мишин).

В заключение необходимо отметить, что корабли пр. 956 обладают прекрасными модернизационными возможностями и в случае более благоприятной экономической обстановки могли бы занять достойное место в российском флоте XXI века.

## БОЛЬШОЙ ПРОТИВОЛОДОЧНЫЙ КОРАБЛЬ пр. 1155 «ФРЕГАТ»

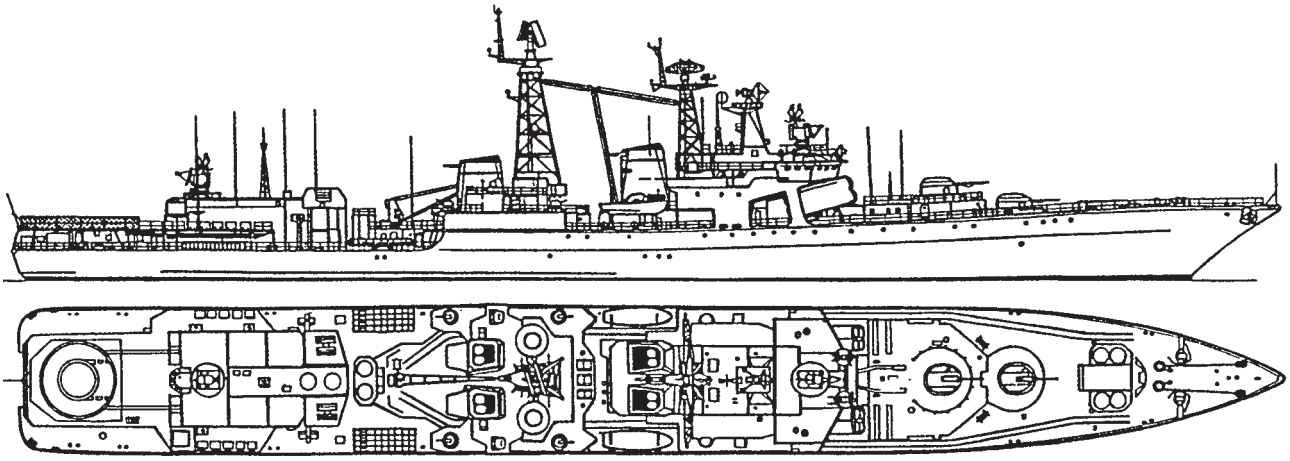
**В. И. Голяк** (ФГУП «Северное ПКБ»)

УДК 623.823

В 1972 г. ВМФ было утверждено тактико-техническое задание (ТТЗ) на создание противолодочного корабля нового поколения пр. 1155 (шифр «Фрегат»), создававшегося как развитие сторожевых кораблей (СКР) пр. 1135 «Буревестник» с целью качественного повышения противолодочных возможностей и боевой устойчивости корабля от атак низколетящих противокорабельных ракет. Основным назначением корабля предполагалась борьба с подводными лодками, а также противолодочная (ПЛО) и противовоздушная (ПВО) оборона соединений боевых кораблей и конвоев. Это должно было достигаться за счет установки на нем нового поколения гидроакустического вооружения (позволяющего выйти в дальнюю зону акустической освещенности), вертолетов ПЛО, многоканальных зенитно-ракетных комплексов (ЗРК) малой дальности, новых радиолокационных станций (РЛС), средств боевого управления.

ТТЗ на корабль пр. 1155 было утверждено ВМФ на год позже утверждения ТТЗ ВМФ на эскадренный миноносец пр. 956. Главком ВМФ Адмирал Флота Советского Союза С. Г. Горшков принял решение о создании военно-морской системы из двух кораблей, близких по водоизмещению и размерениям. Совместно с эсминцем пр. 956 должен был действовать корабль пр. 1155. Функции корабля по управлению ракетным оружием (УРО) и ПВО отводились эсминцу пр. 956, а задачи ПЛО возлагались на большой противолодочный корабль (БПК) пр. 1155. Такое разделение функций было вызвано тем, что на начальных стадиях проектирования эскадренного миноносца пр. 956 выяснилось, что невозможно создать корабль, в котором при жестко лимитированном водоизмещении одновременно размещалось бы мощное ударное оружие и средства ПВО, а также противолодочное оружие с новым гидроакустическим комплексом (ГАК). Поэтому для полноценного решения задач нанесения

Большой противолодочный корабль пр. 1155 «Адмирал Левченко»



Общее расположение большого противолодочного корабля пр. 1155

ракетного удара, ПВО и ПЛО корабли проектов 956 и 1155 должны были действовать совместно.

Проектирование было поручено коллективу конструкторов Северного ПКБ в Ленинграде. Главным конструктором корабля проекта 1155 был назначен Н. П. Соболев, которого затем сменил Е. И. Третников (заместители главного конструктора — В. С. Максимович, М. С. Натус, Б. В. Бочков, Я. Г. Пикус).

Новый БПК проектировался вначале как сторожевой корабль на замену сторожевых кораблей (СКР) пр. 1135, только с постоянным базированием вертолета, усиленным противолодочным вооружением, с размещением 30-мм автоматов, с новыми РЛС и ГАК. Стандартное водоизмещение ограничивалось 4200 т для возможности строительства на заводе «Янтарь» на тех же стапельных местах, что и корабли пр. 1135.

Разработка в 1974 г. эскизного проекта показала, что в заданное водоизмещение можно уложиться лишь при установке на корабль ГАС того же типа, что и на СКР пр. 1135. Однако технические характеристики ГАС МГ-332 («Титан») с буксируемым устройством МГ-325 («Вега») не удовлетворяли требованиям времени и назначению корабля. Поэтому при утверждении эскизного проекта в мае 1975 г. было принято решение о вооружении корабля новым ГАК «Полином», несмотря на увеличение главных размерений и водоизмещения, поскольку новый комплекс давал реальное повышение противолодочных возможностей корабля.

ГАК «Полином», оснащенный антеннами в носовом бульбовом обтекателе и буксируемом носителе, обеспечивал обнаружение подводных лодок в дальней зоне акустической освещенности и выдачу целеуказания противолодочному ракетному комплексу (ПЛРК) «Метель».

Таблица 1

**Основные тактико-технические элементы большого противолодочного корабля пр. 1155 «Удалой»**

| Наименование | Значение |
|---|---|
| Водоизмещение, т: | |
| стандартное | 6840 |
| полное | 7570 |
| Главное размерения, м: | |
| длина наибольшая/КВЛ | 163/145 |
| ширина наибольшая/КВЛ | 19/17,2 |
| осадка средняя при нормальном водоизмещении | 4,98 |
| Тип, мощность ГЭУ, л. с. | ГТУ, 62 000 |
| Скорость хода, уз | 29,5 |
| Дальность плавания, миль (со скоростью, уз) | 3280 (14) |
| Экипаж, чел. | 293 |
| ВООРУЖЕНИЕ | |
| Противолодочное: | |
| ракетное (боезапас) | 2х4ПУ УРК «Раструб» (8) |
| торпедное (боезапас) | 2х4-533 (8) |
| бомбовое | 2 РБУ-6000 |
| Зенитное ракетное (боезапас) | 2 ЗРК «Кинжал» (64) |
| Артиллерийское (боезапас) | 2х1-100 (600) 4х6-30 (6000) |
| Авиационное | 2 вертолета Ка-27 |
| РЛС обнаружения воздушных и надводных целей | МР-320, МР-320В |
| Средства радиоэлектронной борьбы | Набор средств |
| Гидроакустический комплекс | «Полином» |

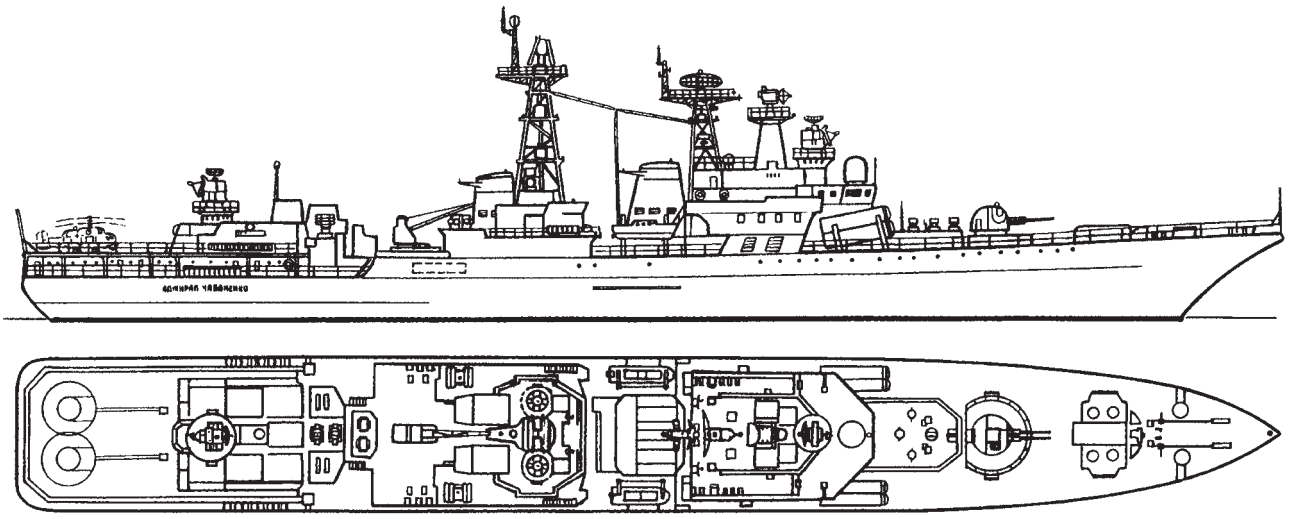
Форма носового обтекателя антенного поста ГАК была близка к капле большого удлинения, что стало отличительной особенностью корпуса корабля пр. 1155. Установка в обтекателе еще одной гидроакустической антенны для обнаружения торпед вызвала удлинение этой «капли» до 30 м, ее диаметр составил 5 м.

К сожалению, такая конструкция отрицательно сказалась на мореходности: слеминг на волнении, сильное забрызгивание, затруднявшее использование размещенного в носовой части оружия. Кроме того, из-за опасности повреждения обшивки обтекателя при спуске—подъеме якоря проектанты разместили якорные клюзы значительно носовее.

Основным оружием ПВО стали два новейших ЗРК СО «Кинжал» с боекомплектом из 64 зенитных управляемых ракет (ЗУР). Артиллерийское вооружение включало две одноорудийные 100-мм артиллерийские установки АК-100, четыре 30-мм артустановки АК-630М.

В качестве противолодочного вооружения использовали ПЛРК «Метель» с двумя счетверенными неподвижными пусковыми установками, два четырехтрубных 533-мм торпедных аппарата и две реактивные бомбометные установки РБУ-6000. Для обнаружения воздушных целей на первых двух кораблях установили РЛС «Топаз» и «Топаз-В», а на остальных «Фрегат-МА» и «Подкат».

Все вооружение корабля по заданию должно было управляться единой боевой информационно-управляющей системой, использующей информацию от внешних источников с улучшенной наглядностью и полнотой представления информа-



Общее расположение большого противолодочного корабля пр. 11551

ции об обстановке. Начиная с БПК «Маршал Шапошников», решение задач ПВО было возложено на систему обработки информации «Пойма», которая повысила боевую устойчивость корабля при отражении атак противокорабельных ракет.

Большинство размещенного на корабле оружия и вооружения проектировалось комплексно в виде боевых контуров для решения боевых задач. Многие образцы вооружения предполагались как многофункциональные в составе боевых контуров.

В ходе проектирования заказчик принял решение о базировании на корабле второго вертолета Ка-27. Для обеспечения всепогодного их использования установили систему привода и посадки вертолетов «Привод-В».

Газотурбинная установка (ГТУ) по схеме и составу выбиралась в виде единого агрегата, работающего с раздвоением мощности на два гребных вала с возможностью раздельной работы каждой турбины на оба вала и по одной форсажной турбины на каждый вал.

Суммарная мощность газотурбинного агрегата составляет 62 000 л. с., что позволяет кораблю развивать скорость хода 30 уз.

Мореходность корабля достаточна для применения оружия при волнении моря до 5 баллов. На корабле установлены активные успокоители качки. Автономность достигает 30 сут.

Размещение на корабле вооружения и технических средств, предусмотренных ТТЗ ВМФ, а также улучшение ряда эксплуатационных характеристик, условий обитаемости и медицинского обслуживания личного состава, привело к тому, что на завершающей стадии технического проектирования водоизмещение корабля увеличилось до 7600 т (табл. 1) и для обеспечения возможности его постройки на заводе «Янтарь» пришлось сооружать новый стапель.

В 1979 г. главным конструктором был назначен В. П. Мишин, его заместителями стали В. С. Максимович, М. С. Натус, Б. В. Бочков, Я. Г. Пикус, позже заместителем по проектам 1155 и 11551 был назначен В. И. Голяк, главными наблюдающими — И. М. Стецюра, затем В. Г. Басов.

Большие противолодочные корабли пр. 1155 строились на судостроительном заводе «Янтарь» и на Ленинградском судостроительном заводе им. А. А. Жданова (табл. 2).

Неудовлетворительные темпы испытаний опытного образца ЗРК «Кинжал» и срыв поставок привели к тому, что первые корабли сдавали флоту без ЗРК, затем только с одним ЗРК и лишь последние БПК имели полную комплектацию оружия.

После вступления в строй первых кораблей пр. 1155 и накопления опыта их эксплуатации на одном из совещаний у Главкома ВМФ С. Г. Горшкова в 1983 г. был поставлен вопрос о недостатках БПК пр. 1155. В част-

Таблица 2

**Основные этапы постройки БПК пр. 1155 и пр. 11551**

| Наименование | Заводской номер | Дата | | |
|---|---|---|---|---|
| | | закладки | спуска на воду | вступления в строй |
| Прибалтийский судостроительный завод «Янтарь» | | | | |
| «Удалой» | 111 | 23.07.77 | 05.02.80 | 31.12.80 |
| «Адмирал Захаров» | 112 | 16.10.81 | 04.11.82 | 30.12.83 |
| «Адмирал Спиридонов» | 113 | 13.04.82 | 28.08.84 | 30.12.84 |
| «Маршал Шапошников» | 114 | 25.05.83 | 27.12.84 | 30.12.85 |
| «Североморск» (до 21.01.96 «Симферополь») | 115 | 12.06.84 | 29.12.85 | 30.12.87 |
| «Адмирал Виноградов» | 116 | 05.02.86 | 04.06.87 | 30.12.88 |
| «Адмирал Харламов» | 117 | 07.08.86 | 29.06.88 | 30.12.89 |
| «Адмирал Пантелеев» | 118 | 28.04.88 | 07.02.90 | 19.12.91 |
| «Адмирал Чабаненко», пр. 11551 | 121 | 24.05.87 | 16.06.94 | 1999 |
| Ленинградский судостроительный завод им. А. А. Жданова | | | | |
| «Вице-адмирал Кулаков» | 731 | 05.11.77 | 08.03.80 | 10.01.82 |
| «Маршал Василевский» | 732 | 29.04.79 | 30.12.81 | 08.12.83 |
| «Адмирал Трибуц» | 733 | 19.04.80 | 26.03.83 | 30.12.83 |
| «Адмирал Левченко» | 734 | 27.01.82 | 21.02.85 | 30.09.88 |

«Адмирал Чабаненко» — большой противолодочный корабль пр. 11551

ности, указывалось на отсутствие на корабле противокорабельных ракет (ПКР) и его слабое зенитное и артиллерийское вооружение.

По результатам совещания С. Г. Горшков принял решение о разработке модификации корабля с усиленным артиллерийским и управляемым ракетным оружием. Главным конструктором нового проекта, получившего номер 11551, стал В. П. Мишин, заместителями были назначены его помощники по пр. 1155, позже заместителем был назначен И. М. Шрамко, главным наблюдающим — Н. А. Андреев.

При сохранении практически всех кораблестроительных элементов (табл. 3) в новом проекте противолодочный ракетный комплекс «Метель» был заменен на противокорабельный ракетный комплекс «Москит», 533-мм торпедные аппараты — на универсальный противолодочный комплекс «Водопад», две 100-мм артиллерийские установки АК-100 — на одну 130-мм артустановку АК-130, реактивные бомбометные установки РБУ-6000 — на ракетный комплекс противоторпедной защиты «Удав-1», 30-мм автоматы АК-630М — на зенитный ракетно-артиллерийский комплекс «Кортик», а ГАК «Полином» — на ГАК «Звезда-2».

Для повышения мореходности, улучшения условий использования вооружения и комфортности для экипажа на БПК пр. 11551 впервые установили успокоитель качки с неубирающимися рулями. По сравнению с ранее применявшимися успокоителями с выдвижными рулями, новый успокоитель был изготовлен в виде единого агрегата и стал занимать значительно меньшие объемы.

Сравнительная оценка по совокупности решаемых противолодочных, противоторпедных, ПРО-ПВО и противокорабельных задач БПК пр. 11551 и корабля пр. 1155 показывает, что БПК пр. 11551 превосходит своего предшественника в 1,3—1,4 раза и, по существу, является прототипом для перспективных многоцелевых кораблей охранения. Заложенные в нем инженерные решения и высокий модернизационный потенциал могут быть базовыми для создания новых (в том числе экспортных) вариантов, максимально учитывающих требования заказчика. В составе ВМФ России находится только один корабль этого проекта — «Адмирал Чабаненко».

Таблица 3

**Основные тактико-технические элементы большого противолодочного корабля пр. 11551 «Адмирал Чабаненко»**

| Наименование | Значение |
|---|---|
| Водоизмещение, т: | |
| стандартное | 7640 |
| полное | 8320 |
| Главные размерения, м: | |
| длина наибольшая/КВЛ | 162,86/144,91 |
| ширина наибольшая/КВЛ | 18,99/17,19 |
| осадка средняя при нормальном водоизмещении | 5,22 |
| Тип, мощность ГЭУ, л. с. | ГТУ, 74 000 |
| Скорость хода, уз | 30,1 |
| Дальность плавания, миль (со скоростью, уз) | 3327(18,0) |
| Экипаж, чел. | 405 с авиаотрядом |
| ВООРУЖЕНИЕ | |
| Противокорабельное ракетное (боезапас) | 2х4 ПУ ПКР «Москит» (8) |
| Зенитное ракетное (боезапас) | 2 ЗРК «Кинжал» (64) |
| Артиллерийское | 1х2-130 |
| Ракетно-артиллерийское | 2 ЗКБР «Кортик» |
| Противолодочное: | |
| ракетно-торпедное (боезапас) | 2 РТПУ «Водопад» (18) |
| бомбовое | 2 «Удав-1» |
| Авиационное | 2 вертолета Ка-27 |
| РЛС обнаружения воздушных и надводных целей | МР-750 |
| Средства радиоэлектронной борьбы | Набор средств |
| Гидроакустический комплекс | «Звезда-2» |

# СЕВЕРНОЕ ПКБ — ПРОМЫСЛОВОМУ И ТОРГОВОМУ ФЛОТУ

**С. И. Овсянников** (ФГУП «Северное ПКБ»)

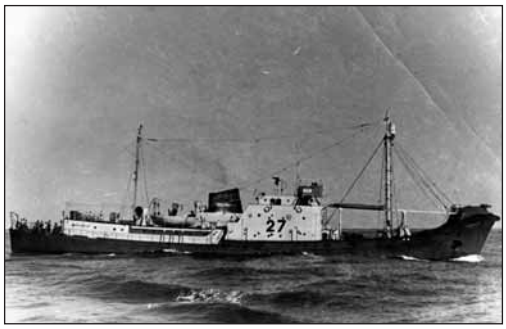
УДК 629.5.01:629.562

Наряду с проектированием кораблей для ВМФ, Северное ПКБ принимало участие и в создании судов для промыслового и транспортного флота.

Постановлением Совета Министров СССР № 371-225С от 24 февраля 1955 г. предусматривалось строительство большой серии китобойных судов, предназначенных для поиска, убоя и буксировки китов к плавучим базам в водах Антарктики. Проектирование велось под руководством главного конструктора Ф. М. Крылова. Окончательный проект (№ 393) был утвержден решением Министерства судостроительной промышленности № 3/06-531 от 14—21 декабря 1954 г. Строительство таких судов развернули на заводе им. 61 Коммунара, где построили 99 ед. Они были одновинтовыми, однопалубными с удлиненной надстройкой. Стальной сварной корпус имел ледовые подкрепления для плавания в крупнобитом льду.

В ходе проектирования китобойного судна пр. 393 наиболее важным вопросом стал рациональный выбор типа и параметров главной энергетической, или, как говорили в то время, гребной установки, которая могла бы обеспечить выполнение тяжелых специфических требований, предъявляемых к китобойным судам, а именно: большую скорость хода, необходимую судну для преследования китов, и высокую маневренность ЭУ на передних и задних ходах, позволяющую быстро менять скорость судна, выполнять реверсы и остановки в возможно более короткий промежуток времени и при минимальных выбегах судна. Последнее диктовалось особенностями китобойного промысла.

Не менее важным было и требование использования полной мощности установки на всех режимах хода судна, включая буксировку убитых китов. При этом установка должна была иметь высокую экономичность для получения большой автономности и надежность, обеспечивавшую проведение более чем полугодовой навигации, причем при плавании в ледовых условиях.



Китобойное судно пр. 393 «Мирный»

Все эти требования удалось выполнить путем применения высокооборотных малогабаритных нереверсивных дизелей с передачей мощности на гребной вал посредством электродвигателя на постоянном токе, что обеспечило живучесть и гибкость гребной установки относительно большой мощности, размещенной в малых габаритах судна, а также исключительно высокую маневренность и значительную скорость хода судна. В трех смежных отсеках разместили четыре дизель-генератора типа 5Д50, один двухъякорный гребной электродвигатель типа 2ХПГК 150/65 и обслуживающие их механизмы. Такое решение обеспечивало непотопляемость судна при затоплении одного любого отсека, а также относительное удобство эксплуатации энергетической установки.

Головное судно «Мирный» было сдано заказчику 12 октября 1956 г. На испытаниях на мерной линии при волнении 3 балла, ветре 4 балла, водоизмещении судна с 50%-ми запасами и мощности дизелей по 900 л. с. скорость хода при работе одного дизель-генератора составила 12,28 уз., двух — 15,74, трех — 16,9 и четырех — 17,43 уз. При работе четырех дизель-генераторов и мощности дизелей около 1100 л. с. скорость хода достигла 17,7 уз. На заднем ходу при работе четырех дизель-генераторов и мощности дизелей по 900 л. с. скорость хода была около 15 уз.

В заключении приемной комиссии головное дизель-электрическое китобойное судно «Мирный» было признано «современным судном, с высокими маневренными и скоростными качествами, с хорошими показателями и надежной работой гребной установки и судовых устройств, а также с хорошей обитаемостью».

Вслед за «Мирным» в том же 1956 г. были построены «Быстрый» и «Комсомолец», которые сразу же приняли участие в китобойном промысле 1956—1957 гг. в составе китобойной флотилии «Слава», причем экипаж судна «Быстрый» уже 6 февраля 1957 г. вы-

полнил плановое задание по добыче китов, намного опередив суда старой постройки.

Отмечая заслуги ЦКБ-53 в создании судна пр. 393 и, в частности, вклад в работу начальника бюро П. В. Фролова, Управление антарктических китобойных флотилий приказом № 180 от 10 сентября 1958 г. присвоило одному из китобойных судов (строительный № 1533) наименование «Павел Фролов».

В целях дальнейшего развития рыбопромыслового флота постановлениями Совета Министров СССР № 395 от 7 апреля 1960 г. и № 126-53 от 15 февраля 1961 г. предусматривалось строительство в 1962—1973 гг. большой серии транспортных рефрижераторов. Основным назначением этих судов считалась транспортировка мороженой рыбы и китового мяса в ящиках и малосольной рыбы в бочках, принимаемых в море с крупных добывающих и обрабатывающих судов, к береговым холодильникам и рыбообрабатывающим предприятиям.

Технический проект судна, получивший номер 569А, разрабатывался ЦКБ-32, а рабочий — ЦКБ-53 в 1961 г. под руководством Е. И. Третникова (заместители — Я. Г. Пикус, В. С. Максимович, М. С. Натус, Б. В. Бочков) и был утвержден решением Главного управления рыбного хозяйства при Госплане СССР и ГКС № 2/5-596А-74 от 7 марта 1961 г.

Транспортный рефрижератор пр. 569А представлял собой двухпалубное одновинтовое судно с удлиненным баком и кормовым расположением машинного и рефрижераторного отделения, жилого блока и навигационной рубки. Судно проектировалось на класс Регистра СССР УЛР 4/1 СО.

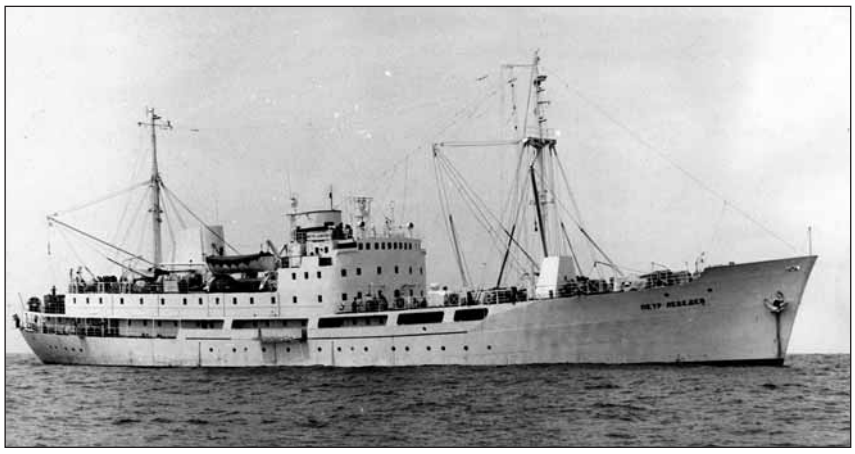
Запасы топлива, смазочных масел, воды и провизии обеспечивали дальность плавания 10 тыс. миль и автономность 60 сут. Дизель-электрическая энергетическая установка на постоянном токе имела мощность 7200 л. с. и сообщала судну скорость хода 16,4 уз. Судно могло принять 2900 т мороженой рыбы в картонных ящиках или 3700 т соленой сельди в бочках при 100% судовых запасов (при 50% судовых запасов — 4300 т).

Холодильная установка рассчитывалась на поддержание в трюмах и твиндеках трех заданных температур: –23, –6 и +2 °С — при расчетной температуре наружного воздуха летом и зимой соответственно +32 и –25 °С и температуре забортной воды +28 и 0 °С. Для уменьшения тепловых потерь поверхности бортов и переборок в трюмах и твиндеках изолировали минеральными матами толщиной до 370 мм, покрывали полихлорвиниловой пленкой и обшивали досками и листами из алюминиево-магниевого сплава. Подволоки в твиндеках изолировали пенопластом, штапельными матами и также зашивали досками и листами из алюминиево-магниевого сплава. Поверхность настила трюмов по доскам и рубероиду заливали цементом с металлической арматурой.

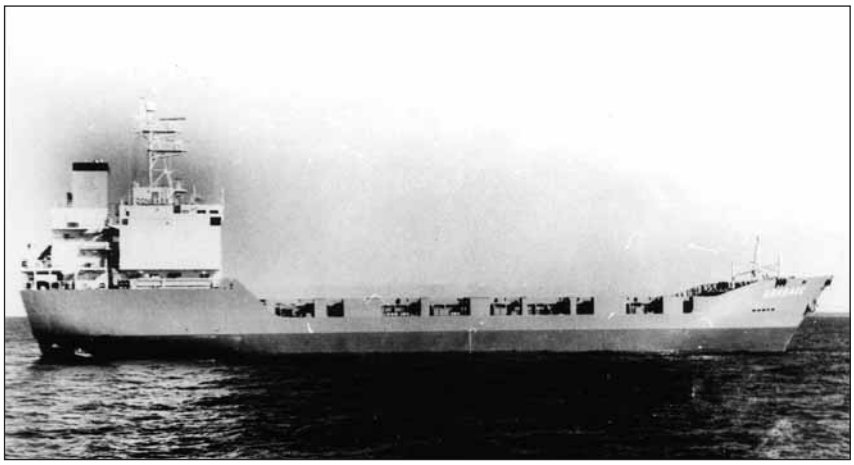
Суда строили на заводе им. 61 Коммунара в Николаеве. Головной рефрижератор «Сибирь» был сдан 31 декабря 1962 г. Поскольку его испытания проводились в зимних условиях при температурах воздуха от –7 до +12 °С и воды 0°С, то аммиачная холодильная установка была принята условно. На втором судне серии — «Иван Айвазовский» — испытания холодильной установки проводили по расширенной программе головного судна в августе—сентябре 1963 г. на Черном море. Температура воздуха в этот период достигала +31 °С, а воды +24 °С при безоблачном небе, ветре до 4 баллов и волнении моря до 3 баллов. Таким образом, гидрометеорологические условия фактически соответствовали спецификационным. Испытания показали, что параметры холодильной установки соответствуют проекту, нормам и требованиям Регистра СССР.

Выход советского ВМФ из прибрежной зоны в океанские просторы потребовал значительно расширить работы по изучению морей и океанов, в частности, в области гидроакустики. С этой целью на основании постановления Совета Министров СССР № 2028—1092сс от 6 декабря 1955 г. и приказа министра судостроительной промышленности № 00390 от 28 декабря того же года ЦКБ-53 под руководством главного конструктора А. П. Масленикова разработало технический проект переоборудования двух сухогрузных теплоходов, построенных финской фирмой «Вяртсиля-Концерн», в научно-исследовательские суда. Они предназначались для проведения комплексных гидроакустических исследований распространения звука в морских и океанских районах (среднеширотных, экваториальных и арктических).

Работы по переоборудованию велись в 1960 г. на Ленинградском судостроительном заводе им. А. А. Жданова по проектам 221 и 222. Первое судно, «Сергей Вавилов», оборудовалось геологической, гидрологической и другими лабораториями, предназначенными для анализа и обработки поступающих от глубоководных систем сигналов. Кроме того, на борту имелись глубоководные гидроакустические системы и гидрологические приборы, а также помещения регистраторов, усилительных трактов, большой и малый расчетно-обрабатывающие отделы. Второе судно, «Петр Лебедев», имело акустический генератор и выполняло роль «излучающего», тогда как первое служило «приемным» судном. Кроме



НИС пр. 222 «Петр Лебедев»



Универсальный балкер пр. 15760 «Донбасс»

штатного экипажа, на судах предусматривался и сменный научно-технический состав — 24 чел.

Переоборудование каждого судна ориентировочно оценивалось в 7 млн руб. в ценах 1960 г. После их сдачи флоту бюро почти 40 лет не занималось проектированием транспортных или промысловых судов, и только коренная перестройка всей экономики страны в начале 90-х годов XX века заставила вновь обратиться к гражданскому судостроению.

В условиях конверсии, когда половина объемов работ Северного ПКБ была переориентирована на гражданское судостроение, перед коллективом была поставлена задача, сохранив научно-технический потенциал, приступить к разработке проектов таких судов, как круизно-пассажирские, научно-исследовательские и гидрографические, транспортные (рефрижераторные), рыбодобывающие, рыбоохранные, наливные (химовозы).

Уже к концу 1993 г. бюро могло предложить 24 проекта. Среди них определенный интерес представляли два варианта судна-снабженца дедвейтом 5000 т для арктических районов. Один из них — нетрадиционный, с винторулевыми колонками и электродвижением — мог бы стать базовым для судов класса УЛ, в том числе научно-исследовательских, геофизических, гидрографических и других, но, к сожалению, проект так и не был осуществлен.

19 марта 1993 г. на заводе «Северная верфь» сошел на воду головной универсальный балкер «Донбасс» дедвейтом 6650 т (пр. 15760). Это судно, спроектированное под руководством главного конструктора А. Д. Шишкина (заместитель — В. А. Бирман), предназначалось для перевозки таких грузов, как зерно, уголь, руда, пиломатериалы, металлопрокат в бухтах и чугунные чушки. Оно могло также перевозить контейнеры длиной 20 и 40 футов в трюмах и на палубе. Судно представляло собой одновинтовой однопалубный теплоход с кормовым расположением машинного отделения и жилой надстройки, с ютом и баком. При его проектировании учитывались требования как Регистра СССР, так и различных международных конвенций.

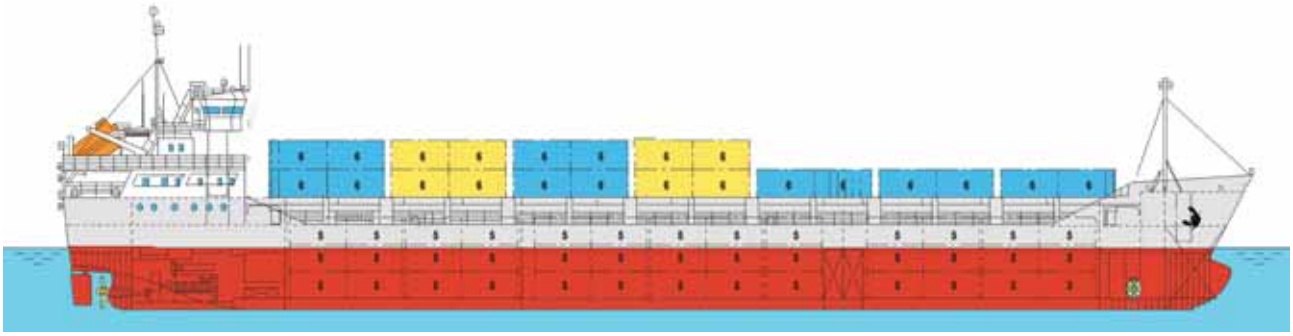
Пятью поперечными переборками, доведенными до верхней палубы, корпус судна делился на шесть непроницаемых отсеков. В районе грузовых трюмов предусматривались двойные борта, в которых размещались балластные и топливные цистерны. Энергетическая установка, расположенная в кормовой части судна, состояла из одного главного дизельного двигателя мощностью 2760 кВт, работающего на гребной винт фиксированного шага, вспомогательной установки (три дизель-генератора по 320 кВт и один аварийный на 200 кВт), а также вспомогательной котельной установки (нефтяной котел производительностью 1,6 т/ч) и вспомогательных механизмов.

Головное судно в 1994 г. было продано Азовскому морскому пароходству, остальные шесть судов (полностью или частично достроенные) — европейским инозаказчикам.

Вторым судном, проектированием которого руководил главный конструктор А. Д. Шишкин (заместитель — В. А. Бирман), стал универсальный сухогруз дедвейтом около 12 000 т пр. 17380, предназначенный для перевозки генеральных и пакетированных грузов, руды, зерна и какао-бобов, кряжей красного дерева, пиломатериалов, труб большого диаметра, металлоконструкций, а также 20- и 40-футовых контейнеров, в том числе рефрижераторных.

Это одновинтовое двухпалубное судно с кормовым расположением машинного отделения и жилой рубки, с ютом и баком. Шесть поперечных водонепроницаемых переборок делят корпус судна на семь отсеков, и при затоплении любого из них судно должно оставаться на плаву. Корпус, механизмы, оборудование и системы удовлетворяли требованиям Регистра СССР и меж-

Универсальный сухогруз пр. 17380



Многоцелевое сухогрузное судно смешанного плавания дедвейтом 3600 т

дународных конвенций. В частности, для предотвращения загрязнения моря нефтью судно оборудовано системами сбора льяльных и сточных вод, установкой для очистки и обезжиривания хозяйственно-бытовых вод с выдачей их в береговую или плавучую емкость. Предотвращение загрязнения моря мусором обеспечивается его сжиганием в инсинераторе.

В качестве главного двигателя использован дизель мощностью 7940 кВт. Электроэнергетическая установка состоит из трех дизель-генераторов переменного тока мощностью по 635 кВт, аварийного дизель-генератора (200 кВт) и валогенератора (900 кВт).

Для эффективного проведения грузовых операций с генеральными, навалочными и лесными грузами, а также контейнерами судно оборудовано тремя электрогидравлическими кранами грузоподъемностью по 35 т. Причем их надежная работа обеспечивается при крене судна до 5° и дифференте до 2°. Для проведения операций по очистке трюмов используются четыре переносные грузовые балки (грузоподъемность каждой 500 кг). В кормовой части судна на втором ярусе рубки дополнительно смонтировано два стационарных грузовых устройства (по 500 кг) для погрузки главным образом хозяйственных грузов.

Для управления техническими средствами на судне смонтирована комплексная автоматизированная система (КСУ ТС), выполненная на микропроцессорной элементной базе с использованием для предоставления информации и управления телевизионных дисплеев (мониторов) и функциональных клавиатур. Сбор информации от датчиков, ее обработка, выдача сигналов на управление и представление информации выполняются отдельными локальными микропроцессорными станциями. В центральном посту управления размещены аппаратура, обеспечивающая работу периферийных устройств, и ТВ-дисплеи.

На судне использованы современные материалы для декоративной зашивки и отделки жилых, общественных и служебных помещений. Мебель в каютах, блок-каютах и кают-компании выполнена из дерева с декоративной отделкой шпоном под ценные породы.

Сухогрузы пр. 17380 строились по заказу Эстонского морского пароходства. Головное судно «Sakala» было передано заказчику в 1995 г. Второе судно заводом «Янтарь» в Калининграде было сформировано примерно на 80—85%, однако из-за финансовых неурядиц на заводе пароходство было вынуждено достраивать его на польской верфи.

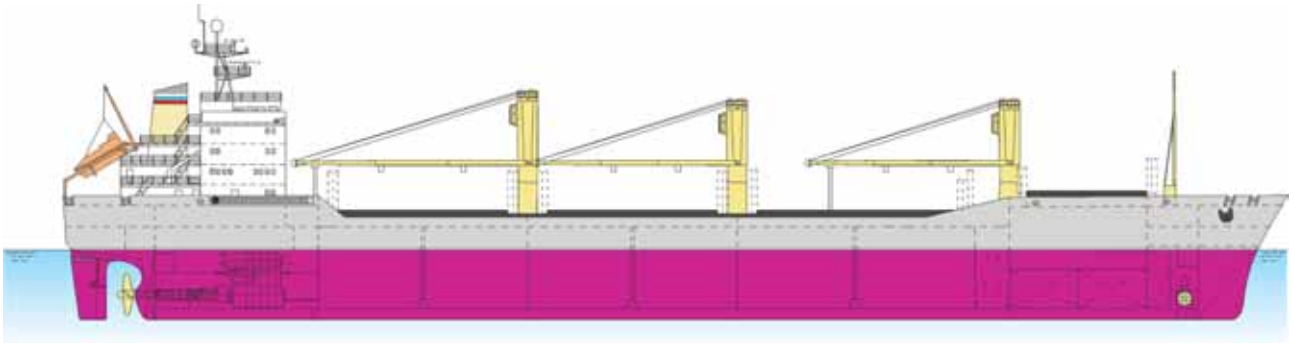
В 1991—1992 гг. Северное ПКБ совместно с норвежской фирмой Shipping Research Services разработало чертежи танкеров для транспортировки химических продуктов (пр. 90101), которые строились на Балтийском заводе. Головное судно передали заказчику в 1995 г.

В 1994—1996 гг. в рамках программы «Возрождение флота» бюро представило более 20 различных технических предложений. Среди них проекты большого морозильного (пр. 70670) и среднего морозильного (пр. 13010) рыболовных траулеров и рефрижератора пр. 12850 (главный конструктор В. П. Мишин, заместитель — И. М. Шрамко).

Бюро выполняло также проектные работы по таким оригинальным сооружениям, как плавучие гостиницы. В 1991 г. под руководством В. Е. Юхнина и В. А. Перевалова было завершено проектирование плавучей гостиницы на 1800 чел. «Island», а вслед за ней разработали проект плавгостиницы для Волги (главный конструктор В. И. Мутихин).

С образованием после распада СССР северо-западного анклава — Калининградской области — перевозка грузов и пассажиров стала осуществляться в транзитном сообщении через независимые прибалтийские государства. В связи с этим назрела необходимость организации круглогодичного паромного сообщения с Калининградом независимо от политических амбиций сопредельных государств. В 2002 г. Северное ПКБ при участии и научно-техническом сопровождении ЦНИИМФ в инициативном порядке разработало предконтрактную документацию на паром нового поколения для эксплуатации в Балтийском бассейне (пр. ПМ-130/300, главный конструктор А. Д. Шишкин) на линиях между портами России, Гер-

Проект контейнеровоза вместимостью 450 TEU



Многоцелевое сухогрузное судно дедвейтом 15 000 т

мании, Швеции, Финляндии, имеющими специализированные причалы для многоцелевых паромов. Судно предназначено для перевозки подвижного железнодорожного состава (пассажирские и грузовые вагоны, платформы, рефрижераторные секции, цистерны) с шириной колеи 1435 и 1520 мм (до 134 вагонов), автотранспорта (до 140 автотрейлеров), пассажиров в каютах, а также опасных грузов.

Сложность проектирования такого быстроходного парома обуславливалась тем, что, в отличие от морских грузовых судов, обслуживающих иные транспортно-технологические системы, например пакетные или контейнерные, для железнодорожных паромов особо важную роль приобретает комплексность обоснования архитектурно-конструктивного типа судна, его параметров и характеристик береговых сооружений.

Паром является двухвинтовым судном с двумя грузовыми палубами, двойными бортами в трюме, кормовым машинным отделением и кормовым водонепроницаемым закрытием «гильотинного» типа. Для проведения погрузочно-разгрузочных операций на пароме установлено по шесть железнодорожных путей на верхней и главной палубах, стрелочный перевод, системы торможения и крепления вагонов, а также автоматизированная антикреновая система, обеспечивающая при выполнении грузовых операций крен не более 3°. Судовые помещения оборудуются всем необходимым для комфортного пребывания на судне пассажиров и экипажа. Главная энергетическая установка мощностью 23 040 кВт, состоящая из двух дизель-редукторных агрегатов, каждый из которых работает на винт регулируемого шага, обеспечивает паром скорость около 19 уз.

Особо следует остановиться на обеспечении непотопляемости парома. После ряда аварий и гибели накатных судов (например, парома «Эстония» в 1994 г.) ужесточились требования к живучести судов с горизонтальным способом грузообработки. В частности, судно, совершающее регулярные рейсы между портами Балтийского моря, должно удовлетворять специальным требованиям Регионального соглашения («Балтийской конвенции»), принятым в соответствии с Резолюцией 14 Конвенции СОЛАС-95. При невыполнении этих требований администрация порта страны, подписавшей Региональное соглашение, вправе не допускать паром к грузообработке.

Выполненные Северным ПКБ расчеты аварийной посадки и остойчивости парома показали, что для внешних торговых линий (с учетом требований Регионального соглашения) оптимальная загрузка судна будет достигнута, если железнодорожные составы будут только на второй палубе, а на верхней — накатные грузы. При этом отпадает необходимость в двухуровневой береговой эстакаде, что значительно удешевляет портовые терминалы.

На базе парома пр. ПМ-130/300 Северное ПКБ и ЦНИИМФ выполнили предконтрактную проработку парома меньшей грузоподъемности, который может перевозить на главной палубе около 30 железнодорожных вагонов, а на верхней — автотранспорт (около 200 легковых автомобилей). Меньше и скорость судна — 16 уз.

Северным ПКБ разработан также ряд контейнеровозов вместимостью 450—1700 двадцатифутовых контейнеров (TEU) и скоростью хода 15—20 уз. На судах предусмотрены грузовые устройства, что позволяет выполнять погрузочно-разгрузочные операции на необорудованных причалах. Кроме того, портфель предложений бюро включает сухогрузы и танкеры (в том числе смешанного плавания) различной вместимости, суда ледового плавания, предназначенные для работы в арктических морях как с обычными винторулевыми комплексами, так и с азимутально-поворотными, рефрижераторы, рыболовные траулеры, круизные суда.

Интересен проект пожарного катера. При сравнительно малом водоизмещении (около 200 т) он оснащен тремя пожарными лафетными стволами с мониторами типа «Пурга» и системой водяного орошения, защищающей катер от огня. Суммарная подача составляет 45 000 л/мин, дальность выброса пены — до 110 м.

Одной из последних работ, воплощенной в металле, стал катер-снабженец буровых платформ водоизмещением около 180 т, спроектированный для Казахстана (пр. 22180, главный конструктор А. Ю. Наумов). Он оборудован быстроходной жестконадувной лодкой, установленной на кормовом слипе, краном-манипулятором и другим специальным оборудованием. На базе этого проекта возможно создание пожарного, патрульного, лоцманского вариантов, а также разъездного катера с каютами повышенной (VIP) комфортности.

Творческие возможности конструкторов ФГУП «Северное проектно-конструкторское бюро» основаны на богатом опыте, который сейчас успешно реализуется в целом ряде отечественных заказов, экспортных проектов и предлагаемых услуг. Деловые связи бюро с зарубежными фирмами, работающими в этих областях, позволяют учесть любые пожелания заказчика, осуществить авторский надзор за строительством и сервисное обслуживание заказа.

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОПУЛЬСИВНОГО КОМПЛЕКСА СУДНА ОГРАНИЧЕННОГО РАЙОНА ПЛАВАНИЯ НА БАЗЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ГИДРОДИНАМИКИ

**Л. И. Вишневский,** докт. техн. наук (ФГУП «ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова»), **Г. В. Егоров,** докт. техн. наук (Морское Инженерное Бюро), **Б. Н. Станков, А. В. Печенюк** (Digital Marine Technology)

УДК 629.5.031/038.001.63

Рост цен на моторные топлива вызывает необходимость повышать требования к пропульсивным качествам судна на этапе проектирования. В настоящей статье изложены некоторые нестандартные подходы при проектировании пропульсивного комплекса судна ограниченного района плавания класса «Волго-Дон макс» пр. RSD19 Морского Инженерного Бюро (МИБ).

Класс «Волго-Дон макс», состоящий из наиболее крупных судов для эксплуатации на внутренних водных путях СНГ, определяется габаритными размерами шлюзов Волго-Донского речного канала и имеет максимально возможную для характеристической в реке осадки 3,6 м грузоподъемность 5000 т, которая при максимальной осадке составляет около 7000 т [1]. В последние годы на отечественном рынке значительная часть новых судов этого класса была построена или строится по проектам МИБ. В части обеспечения необходимых ходовых качеств проекты этих судов, как и многие другие проекты МИБ судов нового поколения, имеют некоторые общие особенности: в качестве движительно-рулевого комплекса (ДРК) используются полноповоротные винторулевые колонки (ВРК), суда имеют высокий коэффициент общей полноты (порядка 0,9) и более высокую энерговооруженность, чем существующие суда этого назначения.

Вопрос о преимуществах и недостатках ВРК в качестве главных движителей на судах ограниченного района плавания не имеет однозначного ответа вне привязки к ряду конкретных условий, справедливых только для рассматриваемого судна. С одной стороны, ВРК определяют всю концепцию пропульсивной установки судна, а с другой — влияют на стоимость и технологичность постройки. Оставляя в стороне спор о влиянии ВРК на общие технико-экономические показатели проекта, отметим, что вопрос об их применении и вообще о типе движительной установки обычно решается судовладельцем на самых ранних стадиях проектирования, и задачей проектанта остается оптимизация пропульсивных качеств судна с учетом выбора судовладельца.

Заказчик пр. RSD19 — Волгоградский судостроительный завод, входящий в группу компаний «Морские и нефтегазовые проекты», — поставил перед МИБ задачу создать в сжатые сроки на базе отработанных решений по судам класса «Волго-Дон макс» с ВРК суда с двухвальной движительно-рулевой установкой традиционного типа, включающей гребные винты (ГВ) фиксированного шага в направляющих насадках и подвесные балансирные рули. За прототип было взято судно пр. 006RSD05 типа «Гейдар Алиев» (МИБ), оборудованное ВРК фирмы Schottel. Изменение требований к району плавания (район I вместо II у прототипа) при сохранении максимально возможного дедвейта и габаритных ограничений, а также изменение пропульсивной установки обусловило значительное усложнение проектно-конструкторских работ.

В данной ситуации требовалась оптимизация некоторых достоинств традиционной пропульсивной установки с целью компенсации утрачиваемых преимуществ ВРК. К явным преимуществам ВРК относят упрощение технологии и снижение стоимости постройки корпуса судна, улучшение маневренных качеств и упрощение управления судном, возможность монтажа и демонтажа на плаву (для некоторых типов колонок), а также агрегатного ремонта. Недостатком ВРК является пониженный КПД гребных винтов, обусловленный ограничением их диаметра при применении на мелкосидящих судах. В связи с этим, при вынужденном отказе от ВРК закономерно желание проектанта обеспечить сравнительно более высокий КПД установки за счет, прежде всего, размещения винтов оптимального диаметра.

Для судна, главные размерения которого соответствуют классу «Волго-Дон макс», при столь значительном коэффициенте общей полноты это весьма непростая задача.

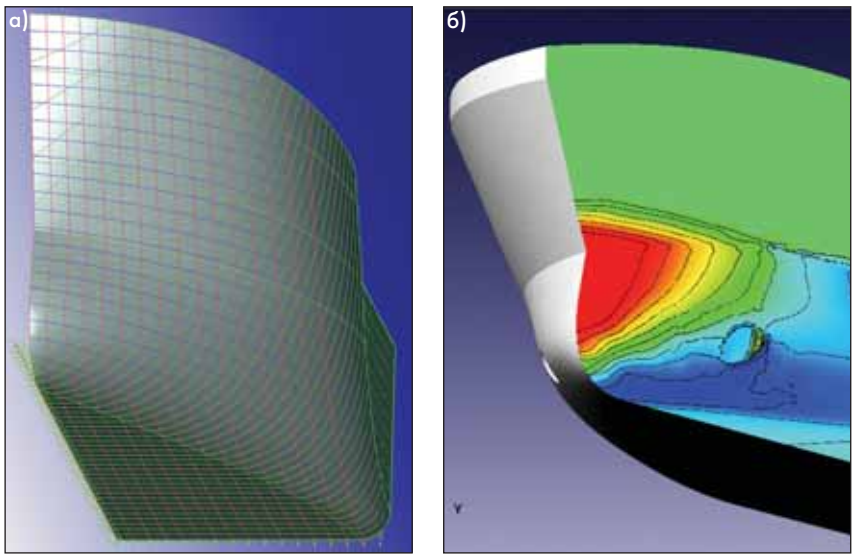



Рис. 1. **Носовая оконечность судна: *а* — модель теоретической поверхности; *б* — распределение динамического давления**

Авторы выражают благодарность проф. Г. И. Каневскому за научное редактирование статьи и рекомендации по улучшению ее содержания.

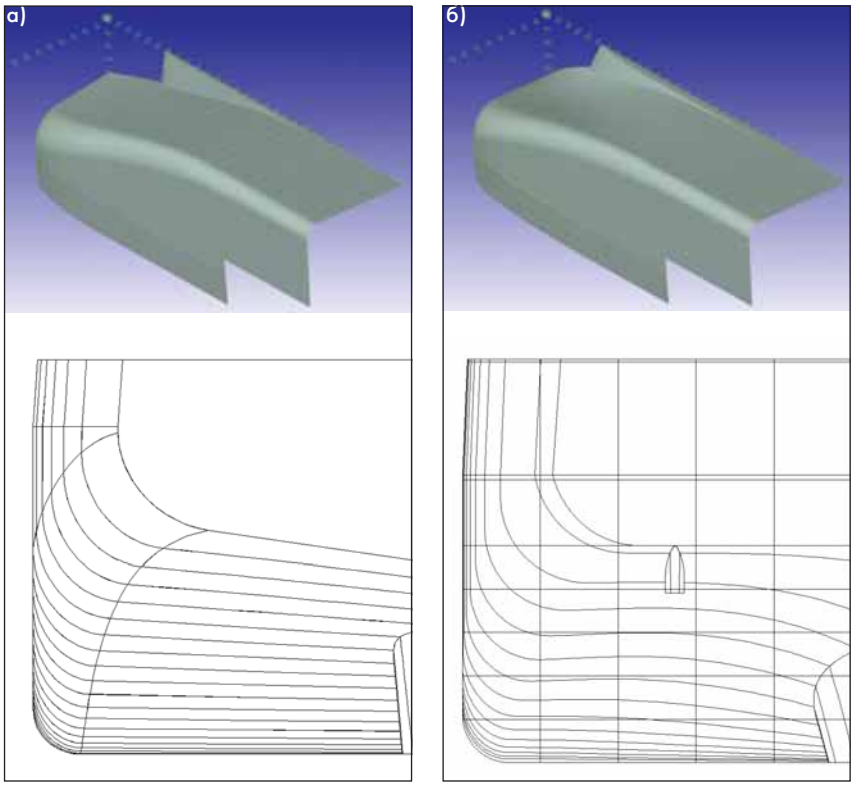



Рис. 2. **Кормовая оконечность: *а* — судна с ВРК пр. 006RSD05 (МИБ); *б* — с полутоннелями**

Традиционное решение такой задачи связано с проведением ряда модельных испытаний в опытовом бассейне с целью отработки обводов кормовой части корпуса и взаимодействия элементов ДРК. Однако из-за сжатых сроков проектирования для большинства разрабатываемых сегодня в нашей стране проектов судов ограниченного района плавания такие испытания не проводятся, хотя часто они более необходимы, чем для проектов океанских лайнеров. Известно, что в советском торговом флоте грузовые суда ограниченного района плавания строились в основном крупными сериями, а проработка их ходовых качеств выполнялась на основе анализа результатов многочисленных модельных экспериментов. Как следствие, обводы корпуса и элементы ДРК судов пр. 507Б, 1743 и некоторых других до сих пор являются эталоном для специалистов.

Сложившаяся ситуация характерна еще и тем, что даже в случае проведения в ходе разработки проекта модельных испытаний, по срокам готовности и программе испытаний их результаты могут быть использованы лишь для проверки достижения судном контрактных ходовых качеств, но достаточно редко из-за сжатых сроков на принятие решения в целях оптимизации.

Выходом из положения в данном случае явилось выполнение необходимых проработок на базе современных методов вычислительной гидродинамики, предложенное специалистами фирмы Digital Marine Technology (DMT). Эти методы, реализованные в комплексе инженерного анализа, позволяют наблюдать полную картину обтекающего корпус судна потока на ранних стадиях его проектирования, качественно решать задачи оптимизации формы корпуса и конфигурации выступающих частей; изучать условия работы движителей, рулевых и подруливающих устройств; находить характеристики ходовой посадки быстроходных судов; определять мощность энергетической установки судна. При этом можно определить не только величину сопротивления, но и картины распределения физических величин в потоке и по поверхности корпуса, что способствует более быстрому поиску эффективных путей улучшения гидродинамических качеств изучаемых объектов.

Основные мероприятия по оптимизации гидродинамических качеств пр. RSD19 были связаны с разработкой обводов кормовой оконечности судна. Носовая оконечность, спроектированная ранее также с применением численных методов гидродинамики для судна пр. 006RSD05, была оставлена без изменений (рис. 1).

Исходя из оптимального коэффициента нагрузки по мощности, для судна были определены диаметры ГВ в направляющих насадках и общая конфигурация ДРК. В отличие от судов с ВРК, увеличенный диаметр гребных винтов потребовал применения кормовых полутоннелей (рис. 2).

Форму полутоннелей и кормовой оконечности отрабатывали путем последовательных корректировок вариантов по результатам численных расчетов. Большую роль в выборе формы тоннелей сыграло изучение линий тока по корпусу судна (рис. 3). Линии тока также хорошо иллюстрируют двумерный характер обтекания судна с B/T = 3,59, при этом наблюдается так называемая «батоксная» схема.

Необходимо отметить, что режим движения судна, проектируемого на скорость хода 10—11 уз ($Fr$ = 0,14—0,16), в значительной степени отличается от режимов с развитым волновым сопротивлением, характерным для большинства морских судов. Для наглядности на рис. 4 представлено распределение по составляющим полного сопротивления для окончательного варианта обводов судна пр. RSD19 при скорости буксировки 10,5 уз, полученное численными методами.

Рис. 3. **Линии тока по корпусу судна при скорости 11,5 уз**

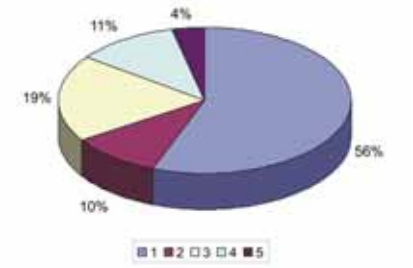



Рис. 4. **Составляющие полного сопротивления:** *1* — сопротивление трения; *2* — волновое сопротивление; *3* — сопротивление формы; *4* — сопротивление выступающих частей; *5* — воздушное сопротивление надводной части

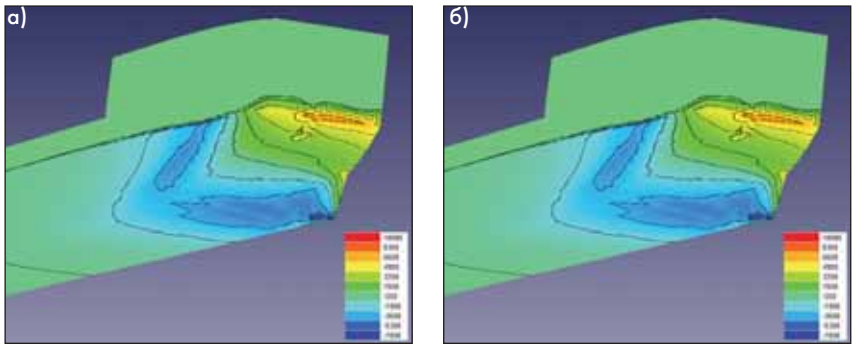



Рис. 5. **Распределение напряжений по корпусу судна: *а* — нормальных (давление); *б* — касательных**

При таком распределении сопротивления факторы, обуславливающие величины основных составляющих полного сопротивления, связаны с вязкостными явлениями. Учитывая при этом полноту обводов и ограниченную осадку судна, для обеспечения хороших ходовых качеств особенно важно избегать развитых отрывов пограничного слоя в кормовой оконечности, особенно в районе установки движителей. В связи с этим при отработке формы кормовых обводов тщательно отслеживалось распределение касательных напряжений по поверхности корпуса, позволяющее судить об отрывных явлениях. Из рис. 5, *б* видно, что околонулевые значения касательных напряжений, свидетельствующие об отрыве пограничного слоя, в кормовой оконечности имеют место лишь в районе транца и опор рулей (обтекание этих элементов неизбежно носит отрывной характер), т. е. на значительном удалении в корму от движителей.

Методы проектирования, примеры использования которых описаны выше, позволили специалистам МИБ и DMT сократить время разработки теоретического чертежа до 20 календарных дней. В итоге были получены и переданы в распоряжение генерального проектанта: форма корпуса с учетом ее гидродинамической оптимизации, согласованная конфигурация выступающих частей и элементов ДРК (рис. 6), расчетные данные о буксировочном сопротивлении судна в интересующем диапазоне скоростей и прогноз скорости хода. В дальнейшем эти данные были уточнены и использованы для прогнозных расчетов ходовых качеств судна в балласте и грузу.

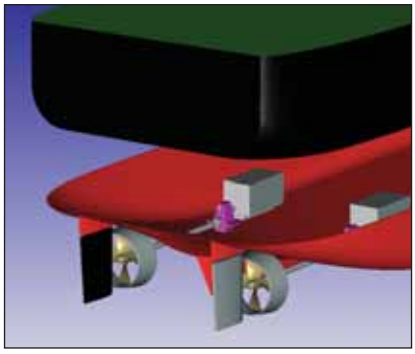


Рис. 6. **Трехмерная модель компоновки движительно-рулевого комплекса**

На последующих этапах разработки проекта в большом опытовом бассейне ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова под руководством проф. Г. И. Каневского выполнили буксировочные и самоходные испытания модели судна с целью проверки проектных решений и определения ходовых качеств. На рис. 7 показаны фотографии модели из отчета [2].

После завершения работ по определению ходовых качеств судна были сопоставлены результаты модельных испытаний и численных расчетов. Для основной гидродинамической характеристики корпуса — буксировочного сопротивления — сопоставление дано в таблице. Для полной корректности сравнения необходимо учесть, что специалисты ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова при пересчете результатов модельных испытаний приняли величину корреляционной надбавки к коэффициенту полного сопротивления с учетом окраски подводной части корпуса самополирующимся покрытием (SPC) и при условии полного штиля, т. е. $0{,}09e^{-3}$. Специалисты DMT в своих расчетах ориентировались на указанную в [4] надбавку $0{,}30e^{-3}$, рекомендованную для средних условий испытаний. В столбце 3 таблицы указаны результаты численных расчетов, выполненных для условий, принятых при проведении натурных испытаний.

При сравнении результатов очевидны их несущественные различия, не превышающие погрешностей эксперимента в современных гидродинамических лабораториях с крупными бассейнами. Покрытие SPC также незначительно влияет на величину полного сопротивления судна.

Анализ показывает, что численный метод имеет большее преимущество, так как явления, сопровождающие движение данного судна, отличаются значительной сложностью. Несмотря на низкие числа Фруда и связанное с этим небольшое влияние волнового сопротивления, большая полнота и необычные соотношения главных размерений обуславливают мощное вихреобразование и отрывы пограничного слоя. При этом мнение некоторых проектировщиков о способности статистических методов расчета, не учитывающих физических особенностей обтекания конкретного корпуса, полностью заменить модельный эксперимент для судов огра-

**Сравнительные характеристики буксировочного сопротивления**

| $V_s$, уз | Полное сопротивление Rt, кН | | |
|---|---|---|---|
| | ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова, корпус с SPC [2] | DMT, свежекрашенный корпус [3] | DMT, корпус с SPC |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 8,0 | 75,3 | 74,56 | 72,74 |
| 9,5 | 107,5 | 111,04 | 108,19 |
| 10,5 | 137,2 | 138,94 | 137,08 |
| 11,5 | 179,2 | 177,03 | 176,54 |
| 12,5 | 234,3 | 234,84 | 229,11 |

Рис. 7. **Самоходная модель судна пр. RSD19, выполненная ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова**

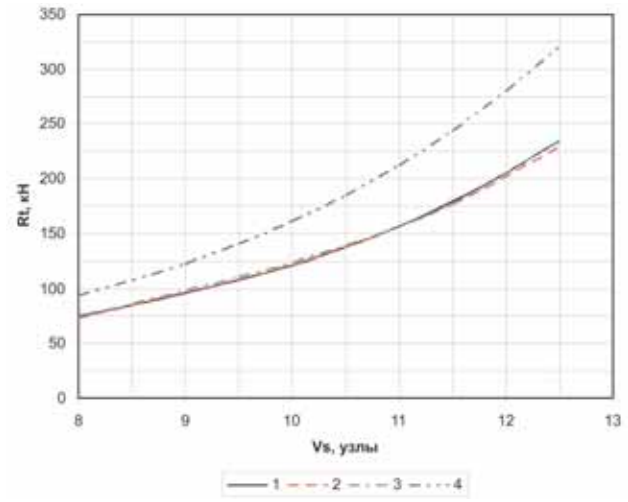



Рис. 8. **Сопоставление полного сопротивления судна пр. RSD19 по данным:** *1* — модельного эксперимента; *2, 3* — расчета численными методами гидродинамики; *4* — расчета методом Холтропа—Меннена

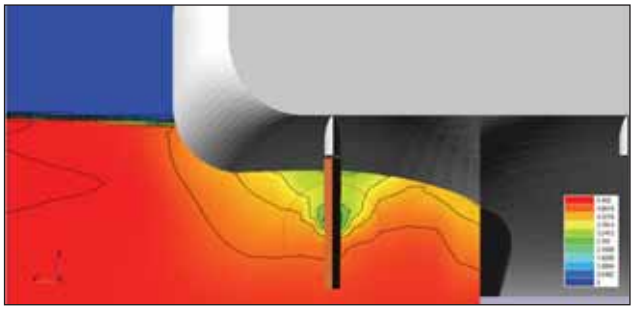


Рис. 9. **Поле скоростей номинального попутного потока**

ниченного района плавания подобного типа является явно ошибочным. Это подтверждаетсяя сопоставлением полученных данных с результатами расчета полного сопротивления судна пр. RSD19 методом Холтропа—Меннена [5], который довольно распространен в практике проектирования (рис. 8). Статистический метод, несмотря на тщательно подготовленные данные о геометрических характеристиках корпуса, позволил определить полное сопротивление судна с погрешностью 35—40%.

Для прогнозирования ходовых качеств, помимо точного определения буксировочного сопротивления, необходимо также получить коэффициенты взаимодействия движителей и корпуса судна. Они определялись в ходе самоходных модельных испытаний. Этот способ в настоящее время является наиболее точным. Однако и численные методы гидродинамики позволяют моделировать взаимодействие движителей с корпусом. В первом приближении коэффициент попутного потока может быть определен измерением номинального поля скоростей в диске ГВ (рис. 9), а коэффициент засасывания — на основании эмпирических зависимостей между ГВ и коэффициентом попутного потока. Такая схема в принципе позволяет выполнять прогноз ходовых качеств судов изученных типов с хорошей точностью, однако игнорирует зависимость коэффициентов взаимодействия от нагрузки движителей по мощности, т. е. эффективную составляющую взаимодействия. Другой путь численного моделирования позволяет учесть и эти факторы — это совместный расчет обтекания корпуса потоком в результате его буксировки и потоком, обусловленным работой движителя, который создается с помощью упрощенной или точной (рис. 10 *а*, *б*) модели последнего. Такая методика очень близка к самоходным испытаниям «в жесткой запряжке». При этом засасывающая сила определяется непосредственно как часть сопротивления судна. Применение методики сопровождается значительными сложностями при расчетах, но вместе с тем предоставляет подробную информацию о физических особенностях взаимодействия элементов пропульсивной системы для их оптимизации.

Применительно к судну пр. RSD19 прогноз скорости хода на испытаниях при одинаковых условиях оказался весьма близким к данным самоходных модельных испытаний и расчетов по приближенной схеме с использованием результатов численных расчетов буксировочного сопротивления; скорость судна при 15%-м запасе мощности главных двигателей составила около 11,9 уз. Под одинаковыми условиями здесь понимается принятый запас мощности двигателей, с учетом которого подбирается шаг ГВ. Однако нормирование запаса мощности для

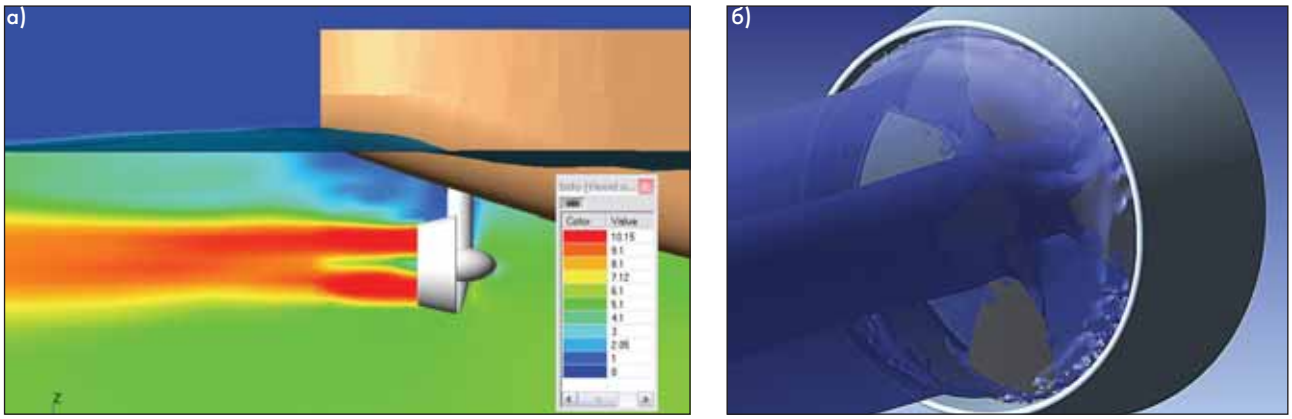



Рис. 10. **Моделирование взаимодействия судовых движителей с корпусом судна численными методами:**
*а* — упрощенная модель ГВ в насадке; *б* — точная модель

судна рассматриваемого типа представляет собой отдельную сложную проблему.

По результатам эксплуатации существующих судов ограниченного района плавания часто наблюдается следующая ситуация. Корпуса судов, спроектированных (с точки зрения прочности) на определенный район плавания в море с учетом заданной интенсивности морского волнения, не в состоянии на практике эффективно поддерживать требуемые курс и скорость хода в этих условиях. Это вызвано недостаточным проектным запасом мощности двигателей, поскольку он, как правило, выбирается исходя из методики, принятой для обычных морских судов (так называемый «морской запас»). Очевидно, для судов ограниченного района плавания с коэффициентом полноты около 0,9 и нетрадиционными соотношениями главных размерений это может оказаться недостаточным. Проблема эта не может быть качественно решена лишь путем увеличения запаса мощности, так как в нормальных условиях эксплуатации двигатели будут работать на неполных режимах.

Возможно, полезным для судов ограниченного района плавания является применение ГВ регулируемого шага или изменяемой геометрии [6, 7].

Оценивая результаты работ по оптимизации гидродинамических качеств судна пр. RSD19, отметим следующее:

1. Найдена комбинация элементов движительно-рулевого комплекса и обводов корпуса, обеспечившая достаточно высокие ходовые качества судна.

2. Применение движительного комплекса «гребной винт в насадке» позволяет получить на режимах полного хода в грузу пропульсивный коэффициент свыше 0,6, что подтверждается результатами численных расчетов и модельных экспериментов.

3. Методики, основанные на современных численных методах гидродинамики, продемонстрировали результаты, сопоставимые с результатами модельного эксперимента.

**Литература**

1. *Егоров Г. В.* Выбор главных элементов сухогрузных и нефтеналивных судов смешанного «река—море» плавания//Судостроение. 2004. № 6.
2. Исследование ходовых качеств сухогрузного судна проекта RSD19//Научно-техн. отчет. Вып. № 43433. СПб.: ЦНИИ им академика А. Н. Крылова, 2005.
3. Форма корпуса и ходкость судна. Проект RSD19. Вып. DMT — 05—005, 2005.
4. Справочник по теории корабля: В 3-х томах. Том 1. Гидромеханика. Сопротивление движению судов. Судовые движители/Под ред. *Я. И. Войткунского*. Л.: Судостроение, 1985.
5. *Holtrop J., Mennen G. G. J.* An Approximate Power Prediction Method//International Shipbuilding Progress.1982. Vol. 29.
6. *Вишневский Л. И., Зубахин В. Ф., Сизов И. И.* Особенности конструкции и перспективы применения винтов с подвижным креплением лопастей на транспортных судах//Труды междунар. конф. «Военно-морской флот и судостроение в современных условиях». СПб., 1996.
7. *Тогуняц А. Р., Печенюк А. Р., Вишневский Л. И.* Совершенствование ходкости скоростных судов путем использования винтов с подвижным креплением лопастей на ступице//Труды междунар. конф. «FAST'2005». СПб., 2005.

# НОВЫЕ ТРЕБОВАНИЯ РОССИЙСКОГО МОРСКОГО РЕГИСТРА СУДОХОДСТВА К ПРОПУЛЬСИВНЫМ КОМПЛЕКСАМ ЛЕДОКОЛЬНЫХ СУДОВ

**А. В. Андрюшин,** канд. техн. наук (ФГУ «Российский морской регистр судоходства»)

УДК 626/627: 624.042.43

Разработка перспективных нефтегазоконденсатных месторождений на арктическом шельфе — одна из актуальных для России задач. Ее решение невозможно без современного ледокольного флота, включающего ледоколы и транспортные суда ледового плавания (далее — СЛП).

До середины 90-х годов прошлого века СЛП в основном оборудовались традиционной пропульсивной системой: открытый ледокольный гребной винт (ЛГВ) фиксированного шага (ВФШ)—валопровод—электродвигатель. В настоящее время для повышения эксплуатационной эффективности на СЛП устанавливаются современные пропульсивные комплексы (ПК) — винторулевые колонки, которые могут оснащаться винтами регулируемого шага (ВРШ). Наиболее перспективны СЛП двойного действия типа DAT[1]. В ледовых условиях они движутся винтами (кормой) вперед, что приводит к снижению ледового сопротивления и повышению эксплуатационной эффективности.

[1]DAT — Double-Acting Tanker.

Одна из главных проблем ледокольного судостроения и классификационных обществ — обеспечение эксплуатационной прочности ледокольных ПК, что обусловлено высоким уровнем ледовых нагрузок, воздействующих на них при эксплуатации в ледовых условиях. Безаварийная работа ПК определяет не только экономическую эффективность, но и безопасность эксплуатации судна. Для судов типа DAT указанная проблема обостряется, так как во льдах ПК работает как носовой, что увеличивает интенсивность воздействия льда на его элементы.

При взаимодействии ЛГВ со льдом ледовые нагрузки от винта передаются на другие элементы ПК (механизм изменения шага, ВРШ, валопровод и т. д.) и в несколько раз могут превышать гидродинамические при эксплуатации на чистой воде. Поэтому они являются определяющими для назначения прочных размеров ПК. Для определения ледовых нагрузок на ЛГВ в качестве расчетного принимается режим фрезерования льда гребным винтом.

При проектировании ПК необходимо учитывать возможность возникновения нерасчетных режимов взаимодействия ЛГВ со льдом, когда поломка лопасти неизбежна. Например, при движении судна с остановленными ЛГВ, когда происходит навал льда на лопасть. В этом случае должен быть обеспечен принцип пирамидальной прочности, согласно которому поломка лопасти не должна приводить к повреждению других элементов ПК. Значение силы, приводящее к поломке лопасти, является основной расчетной величиной для обеспечения пирамидальной прочности. В свою очередь, это значение полностью определяется прочными размерами лопасти и прочностными характеристиками ее материала.

Таким образом, гребной винт является основным элементом ПК. Его работа, нагрузки на лопасти и прочность определяют надежность других элементов пропульсивной системы.

Действующие требования классификационных обществ и морских администраций к прочным размерам ЛГВ основаны на статической прочности. Например, в требованиях Российского морского регистра судоходства (РС) прочные размеры ЛГВ назначаются из условия статической прочности от действия гидродинамического момента. Ледовые нагрузки учитываются в виде коэффициентов, полученных на основе анализа опыта эксплуатации. Однако для стальных ЛГВ определяющим фактором является усталость, поэтому прочные размеры ЛГВ и других элементов должны назначаться из совместного обеспечения усталостной и статической прочности при воздействии ледовых нагрузок. Вследствие этого действующие требования не могут быть применены к ЛГВ современных судов, обеспечение безопасности которых выходит за рамки предыдущего опыта эксплуатации и проектирования, например к судам типа DAT, для которых характерно увеличение интенсивности воздействия льда на ЛГВ, и в силу этого необходимо его дополнительное подкрепление из условия обеспечения усталостной прочности.

Действующие нормативы РС к пирамидальной прочности носят рамочный характер. В них не содержится требование к значению предельной силы поломки лопасти, а критерии прочности элементов ПК (например, механизма изменения шага), как показывает опыт эксплуатации, являются недостаточными. Дополнительно требуется обеспечение их усталостной прочности от воздействия ледовых нагрузок.

Учитывая изложенное, требуется разработка новых научно обоснованных требований РС к прочности ПК для СЛП и, в первую очередь, к его основному элементу — ЛГВ. Принимая во внимание актуальность проблемы, РС постоянно совершенствует нормативную базу для ледокольных ПК на основе научно-исследовательских работ с ведущими научными организациями (ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова, ГМА им. адмирала С. О. Макарова, ЦНИИМФ), опыта технического надзора, консультаций и обмена опытом с фирмами — изготовителями ледокольных ПК.

В настоящее время РС подготовлены или находятся на заключительной стадии разработки следующие требования для пропульсивных комплексов СЛП: к лопастям ВФШ и ВРШ — из условия обеспечения усталостной и статической прочности; к прочности узлов механизма изменения шага ВРШ — из условия усталостной и пирамидальной прочности; к пирамидальной прочности основных элементов винторулевой колонки, находящихся в потоке силовых линий, — с учетом характерного размера элемента, вязкопластических характеристик материала, а также концентрации напряжений; к главным упорным подшипникам ПК — из условия усталостной и пирамидальной прочности; к ледовым моментам на гребных винтах и к моменту главного двигателя — для обеспечения работоспособности ПК в ледовых условиях.

Новые требования к лопастям ЛГВ, механизму изменения шага ВРШ, винторулевой колонке из условия обеспечения статической, усталостной и пирамидальной прочности представлены в работах [1, 2]. Эти требования к элементам ПК не имеют мировых аналогов и распространяются на суда типа DAT. Для обеспечения прочности современных ПК предполагается проведение модельных испытаний в опытовых гидродинамических и ледовых бассейнах по одобренным РС программам и методикам. К настоящему времени новые требования апробируются в ходе опытной эксплуатации с целью проверки и согласования с ведущими проектантами и фирмами — производителями ледокольных ПК. Разработанные требования уже использовались при проектировании ПК современных СЛП, включая ледокольное судно типа DAT категории ЛУ7, предназначенное для вывоза продукции Норильского комбината. Тщательная верификация новых нормативов к прочности ледокольных ПК показала их полное соответствие требованиям современного проектирования и эксплуатации. Они будут введены в действие взамен действующих в ближайшее время.

В настоящее время РС является лидирующей организацией по обеспечению безопасности ледокольных пропульсивных комплексов и систем. Современная нормативная база, научно-исследовательские разработки, высококвалифицированные кадры позволяют обеспечивать надежность современных СЛП в соответствии с новейшими требованиями проектирования и эксплуатации.

**Литература**

1. Сборник нормативно-методических материалов. Кн. 13. СПБ.: Российский морской регистр судоходства. 2004. С. 6—35.
2. Collection of regulating documents, book twelve//Russian maritime register of shipping. Saint-Petersburg, 2004.

# СКОРОСТНЫЕ ВОДОИЗМЕЩАЮЩИЕ СУДА НОВОГО ТИПА

*(В порядке обсуждения)*

**Ю. И. Лобынцев**, докт. техн. наук

УДК 629.5.024.1:629.57

Водоизмещающие суда нового типа[1], корпуса которых состоят из двух частей — верхней (надводной, опирающейся на широкую, скользящую по поверхности воды гидролыжу) и нижней (подводной), впервые были предложены в журнале «Катера и яхты». Подводная часть, примыкающая к гидролыже снизу, является несущей и представляет собой узкое хорошо обтекаемое тело большого относительного удлинения. Такие суда названы автором водоизмещающе-глиссирующими (ВГ). Позднее это не совсем точное название было заимствовано и зарубежными изданиями[2]. Скольжение гидролыжи ВГ судна по поверхности воды может происходить с нулевым углом атаки и малой скоростью, когда динамическая подъёмная сила практически отсутствует. Поэтому под глиссированием в данном случае следует понимать и простое скольжение гидролыжи по поверхности воды. Именно скольжение по поверхности отличает ВГ от обычных водоизмещающих судов, глубоко «вспахивающих» поверхность воды и порождающих поверхностные волны. У ВГ судов возмущения поверхности воды обусловлены лишь разгруженной мелкосидящей верхней частью корпуса.

Столь радикальное изменение корпуса обычного водоизмещающего судна было инициировано следующим. Работа надводной и подводной частей корпуса происходит в средах, отличающихся по плотности в 800 раз, а функциональное назначение их различно. Вместе с тем, несмотря на тысячелетия существования и многообразие водоизмещающих судов, это не получило отражения в их конструкции до настоящего времени. Чётко выраженная конструктивная граница между надводной и подводной частями корпуса у современных водоизмещающих судов отсутствует[3]. На несовершенство современных скоростных малотоннажных судов указывают и явления в диапазоне переходных скоростей: образование мощного буруна, дифферент на корму, интенсивное волнообразование.

Предлагаемая необычная конструкция корпуса ВГ судна в значительной мере устраняет эти недостатки и с гидродинамической точки зрения, по мнению автора, является законченной, оптимальной. Её теоретическое обоснование сводится к следующему[4].

Если общее сопротивление движению судна $R$ разложить на условно независимые составляющие, то для подводного водоизмещающего судна

$$R = (\zeta_{тр} + \zeta_{ф})\, q_{\infty}\Omega \ , \qquad (1)$$

где $\zeta_{тр}$ и $\zeta_{ф}$ — коэффициенты, характеризующие сопротивления трения и вихреобразования (формы), при этом над судном предполагается наличие экранирующего слоя воды; $q$ и $\Omega$ — скоростной напор невозмущенного набегающего потока и смачиваемая поверхность соответственно.

Для судов, плавающих по поверхности воды (далее «надводных»), возникает также волновое сопротивление $\zeta_{в}$. Если пренебречь сопротивлением воздуха, то для них

$$R = (\zeta_{тр} + \zeta_{ф} + \zeta_{в})\, q_{\infty}\Omega \ . \qquad (2)$$

Минимальную поверхность $\Omega$ (и сопротивление трения) при заданном водоизмещающем объёме $D$ для подводного судна будет иметь сфера. Однако общее минимальное сопротивление (трения и формы) при движении под водой имеет при том же объёме веретёнообразное тело, хотя поверхность его значительно больше (рис.1).

«Надводное» судно будет (при заданном $\Omega$) иметь максимальный водоизмещающий объём $D$, если подводная часть его будет полусферой (см. рис.1). Продольным «растяжением» полусферы также можно уменьшить суммарные потери трения и формы. Но в этом случае присутствуют ещё значительные волновые потери. Исключить их можно, используя скользящую по поверхности воды экрани-

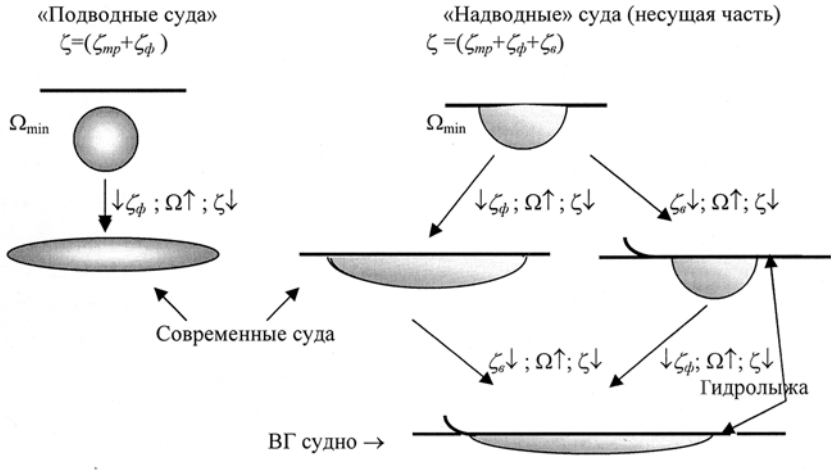



Рис. 1. **Особенности формирования обводов «подводного» и «надводного» водоизмещающих судов**

[1]Лобынцев Ю. И. Водоизмещающе-глиссирующий корпус малотоннажного судна//Катера и яхты. 1998/99. № 3—4 (166). См. также относящиеся к этим судам патенты РФ № 2132795 (1996 г.) и № 2148518 (1999 г.).

[2]Описание зарубежного ВГ судна см. в немецком журнале Skipper № 8 за 2004 г., с. 42—43, статья «Verdrängender Gleiter» («Водоизмещающий глиссер»). По-видимому, первые зарубежные публикации по ВГ судам относятся к 2002 г.

[3]У судов с динамическим поддержанием (на подводных крыльях, глиссирующих) эта граница просматривается весьма чётко: под водой находятся лишь имеющие незначительный объём и обтекаемую форму продольно ориентированные крылья, рули, гребные винты, их опоры.

[4]Лобынцев Ю. Еще раз о водоизмещающе-глиссирующих обводах и оптимальной форме корпуса судна//Катера и яхты. 2004. № 5 (192). С. 38—40; 2006. № 1(199). С. 70.

рующую гидролыжу, ценой ещё некоторого увеличения смачиваемой поверхности. При этом за счёт ширины лыжи можно еще больше увеличить относительное удлинение водоизмещающей части корпуса.

Таким образом, основной принцип формирования обводов можно сформулировать так: чтобы получить максимальную ходкость «подводного» судна, сферу необходимо в достаточной степени «растянуть» в направлении движения. У «надводного» судна с полусферической подводной частью полусферу следует «растянуть» и экранировать.

Главные размерения гидролыжи выбираются из условий обитаемости. Она же, являясь жестким экраном, предотвращает генерацию поверхностных волн, так как экранирует поверхность воды от влияния изменений давления, возникающих при деформации потока воды нижней частью корпуса. Эта деформация практически происходит лишь на расстояниях порядка ширины водоизмещающей части корпуса $B_н$, считая по направлению нормали к обшивке. Поэтому для предотвращения образования волн достаточно, чтобы лыжа «нависала» над нижней частью корпуса на величину порядка $B_н(x/L)$ (приблизительно на такую же величину с той же целью заглубляются «поплавки» катамаранов с уменьшенной площадью ватерлинии). Гидролыжа является конструктивной границей, отражающей различия в условиях работы надводной и подводной частей ВГ судна. При этом удаётся применить узкую и длинную хорошо обтекаемую водоизмещающую часть, минимизируя вихревые потери. Она плавно прорезает воду, почти не образуя вихрей и не генерируя поверхностных волн. Поэтому для ВГ судов не существует «горба» волнового сопротивления, ограничивающего скорость обычных судов. ВГ суда мало отличаются по ходкости от обычных водоизмещающих при $Fr = (v/gL)^{1/2} < 0,4$, но имеют безусловные преимущества перед ними в диапазоне переходных скоростей за счёт радикального снижения волновой и вихревой составляющих сопротивления.

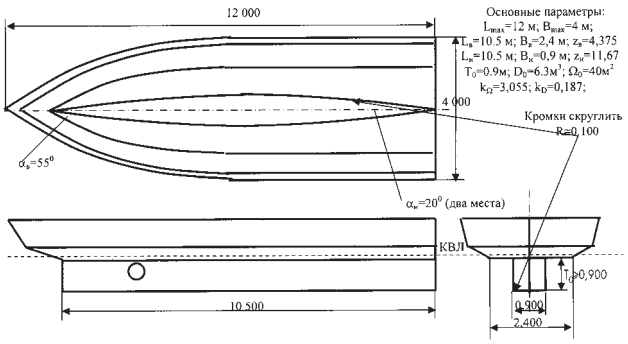



Рис. 2. **Основные части корпуса водоизмещающе-глиссирующего судна**

Для обеспечения максимальной ходкости ВГ судна гидролыжа должна скользить по поверхности воды. Значительные перегрузки ухудшают ходкость судна. С другой стороны, ватерлиния не должна опускаться ниже плоскости гидролыжи. Это ограничение можно сформулировать в виде неравенства

$$\Delta D/D_0 < 1 , \qquad (3)$$

где $D_0$ — расчётное водоизмещение; $\Delta D$ — допустимое изменение водоизмещения.

Неравенство (3) должно быть достаточно сильным, но менее сильным, чем для обычных глиссирующих судов.

При проектировании корпуса ВГ судна целесообразно использовать плоские двуугольники, состоящие из одинаковых дуг окружности, расположенных симметрично их продольной оси x. Их обводы — ширина $B(x)$ — определяются формулой

$$\frac{B(x)}{2} = \pm\frac{1}{4z}\left\{\sqrt{(1+z^2)^2 - 4z^2\left(\frac{x}{L}2 - 1\right)^2} + 1 - z^2\right\}, \qquad (4)$$

если задано относительное удлинение $z = L/B$ и максимальная длина $L$ двуугольника.

Симметричная форма, плавность обводов таких двуугольников обеспечивают хорошее обтекание. При заданной длине $L$ максимальная площадь $S$ достигается при минимальном периметре $2l$, где $l$ — длина дуги двуугольника. Поэтому несущая часть корпуса такой формы при заданных длине $L_н$ и высоте $T_0$ ($T_0$ — расчетная осадка, равная высоте подводной части корпуса) будет иметь максимальное водоизмещение $D_0$ при минимальной смачиваемой поверхности $2lT_0 + S$ (S — площадь гидролыжи, включая днище). Достигаются жесткость и простота конструкции, технологичность изготовления и удобство расчётов.

На рис. 2 представлен ВГ корпус. Для преодоления набегающего потока воды и волн нижняя и верхняя части имеют носовые заострения и форштевни. Элементы носового и кормового сужений в проекции на основную плоскость представляют собой половинки упомянутых двуугольников. Обводы корпуса легко рассчитываются.

Расчёт обводов нижней части корпуса осуществляется по формуле (4) при значениях $L_н$ = 10,5 м; $z_н$=11,67 (см. рис. 2). Обводы двуугольника характеризуют распределение сил Архимеда по длине судна.

Прямоугольное поперечное сечение нижней части корпуса позволяет при минимальной осадке получить максимальную силу поддержания ВГ судна, но при его обтекании возникают перепады давления, вызывающие вторичные поперечные течения. Поэтому кромки днища нижней части корпуса следует скруглить, чтобы исключить образование вихрей (см. рис 2).

За расчётное водоизмещение принимается объём нижней части корпуса:

$$D_0 = \varphi_н L_н B_н T_0, \qquad (5)$$

где $\varphi_н$ — коэффициент полноты двуугольника нижней части корпуса.

При $D = D_0$ плоскость гидролыжи совпадает с поверхностью воды. Возмущение поверхности воды и сопротивление ВГ судна при этом минимальное.

Смачиваемая площадь поверхности $\Omega_0$ (при $D = D_0$) включает в себя площадь боковых стенок нижней части корпуса, днища и гидролыжи:

$$\Omega_0 = 2l_н T_0 + B_в[L_в - 0,5L_{вс}(1 - \varphi_{вс})]$$

или при $L_{вс} = L_в$) (6)

$$\Omega_0 = 2l_н T_0 + 0,5B_в L_в(1 + \varphi_{вс})] ,$$

где $l_н$ — длина дуги двуугольника нижней части корпуса; вс — индекс, относящийся к носовому сужению гидролыжи на длине $0,5L_{вс}$.

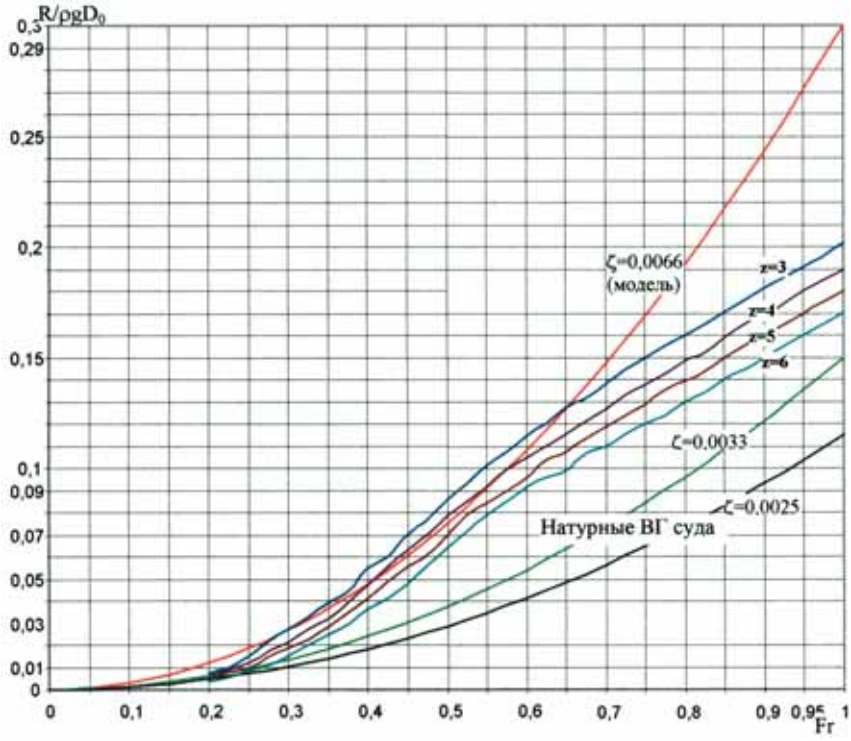



Рис. 4. **График зависимости относительной силы сопротивления от относительной скорости для ВГ судов с различными коэффициентами сопротивления и для современных быстроходных катеров различных относительных удлинений для z = 3...6 (по М. Хуберту)**

Для оценки относительных величин смачиваемой поверхности $\Omega_x$ и водоизмещения $D_x$ любого судна удобно пользоваться коэффициентами:

$$k_\Omega = \frac{\Omega_x}{\Omega_{пс}} \Big|_{\text{при } D_x = D_{пс}} = \frac{\Omega_x}{\sqrt[3]{18\pi}\, D_x^{2/3}} = 0{,}2605 \frac{\Omega_x}{D_x^{2/3}} \geq 1,$$

$$k_D = \frac{D_x}{D_{пс}} \Big|_{\text{при } \Omega_x = \Omega_{пс}} = \sqrt[3]{2\pi} \frac{D_x}{\Omega_x^{3/2}} = 7{,}52 \frac{D_x}{\Omega_x^{3/2}} \leq 1, \quad (7)$$

причем $k_D = k_\Omega^{-3/2}$,

где $k_\Omega$ — характеризует, во сколько раз смачиваемая поверхность $\Omega_x$ больше поверхности полусферы $\Omega_{пс}$ того же объёма $D_x = D_{пс}$; $k_D$ — показывает, во сколько раз водоизмещение $D_x$ меньше объёма полусферы $D_{пс}$ с той же смачиваемой поверхностью $\Omega_x = \Omega_{пс}$.

В диапазоне переходных скоростей автором были проведены испытания упрощенной ВГ модели с параметрами: $L_в = L_н = 1{,}25$ м; $\Omega_0 = 0{,}54$ м$^2$; $D_0 = 0{,}00744$ м$^3$; $k_\Omega = 3{,}69$; $k_D = 0{,}141$ (рис. 3). Абсолютная величина шероховатости смачиваемой поверхности составляла $к = 0{,}4...0{,}5$ мм. Относительная величина $L/к = 1250/0{,}5 = 2{,}5\cdot10^3$; $R_e \cong (1{,}5...4)10^6$, $Fr = v/(gL)^{1/2} = 0{,}42...1{,}12$.

Оказалось, что зависимость относительной силы сопротивления $R/\rho g D_0$ от безразмерной скорости $Fr = v/\sqrt{gL}$ хорошо описывается квадратичной параболой

$$\frac{R}{g\rho D_0} = \frac{L\Omega_0}{2D_0} \zeta\, Fr^2 \cong 45{,}4\, \zeta\, Fr^2, \quad (8)$$

где $\zeta = R/(\rho v^2/2)\,\Omega_0 = \zeta_{тр} + \zeta_ф + \zeta_в = 0{,}0066 \cong \text{const}$ — общий коэффициент сопротивления модели, который зависит лишь от относительной шероховатости $L/к$, $D/D_0$ и числа $Re$. Таким образом, критерий Фруда $Fr$ выпадает из рассмотрения, что указывает на незначительность волнообразования.

Кроме того, оказалось, что остаточное сопротивление ВГ модели весьма мало:

$$\zeta \cong \zeta_{тр} \gg \zeta_ф + \zeta_в. \quad (9)$$

Иными словами, сопротивление ВГ модели, по крайней мере в первом приближении, равно сопротивлению эквивалентной плоской пластины такой же смачиваемой площади и относительной шероховатости.

Чтобы перейти от модели к натурным судам, необходимо учесть различия в значениях чисел $Re$ и $L/к$. Для ВГ судна с $L = 12{,}5$ м с окрашенной и шлифованной поверхностью абсолютная шероховатость $к = 0{,}02...0{,}03$ мм и $L/к = 12500/0{,}025 = 5\cdot10^5$. Соответственно, для тех же значений числа $Fr$ получим $Re \sim (0{,}5...1{,}2)\cdot10^8$ и $\zeta \cong \zeta_{тр} = 0{,}0025$. При более высокой на порядок шероховатости $L/к = 5\cdot10^4$, получим $\zeta \cong \zeta_{тр} = 0{,}0033$ (рис. 4). На график нанесены также кривые диаграммы М. Хуберта, применимой для катеров с обводами, рассчитанными на переходный режим, т.е. имеющими подъём днища к ватерлинии у транца. Поле между этими кривыми и двумя нижними параболами характеризует эффект ВГ обводов.

У обычных катамаранов уменьшение остаточного сопротивления достигается большими значениями $z$ для поплавков, а у судов с уменьшенной площадью ватерлинии ещё и экранированием их слоем воды. Можно показать (используя коэффициенты $k_\Omega$ и $k_D$), что смачиваемая поверхность $\Omega$, характеризующая возможности минимизации трения, у катамаранов обычно больше смачиваемой поверхности ВГ судов того же водоизмещения. Это даёт основание предположить, что по ходкости ВГ суда не должны уступать катамаранам. Тем более это справедливо для судов с уменьшенной площадью ватерлинии.

Однокорпусные ВГ суда объединили в себе большие $z$ и экранирование при $\Omega_0 = \Omega_{мин}$.

Автор считает предлагаемый путь совершенствования наиболее перспективным для малотоннажных водоизмещающих судов.

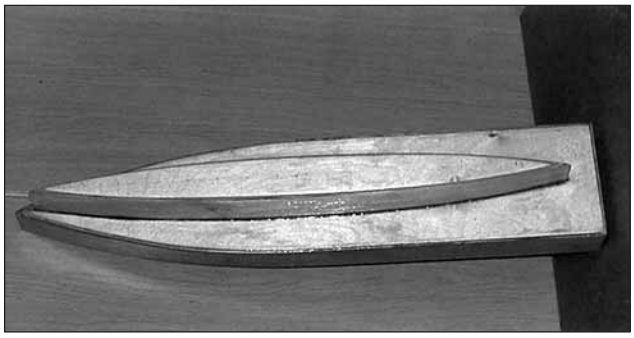


Рис. 3. **Упрощенная модель корпуса судна**

# МЕТОДЫ РАСЧЕТА РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ДИЗЕЛЯ АНАЭРОБНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

**А. Н. Агафонов,** докт. техн. наук (ВИТУ), **В. В. Замуков,** канд. техн. наук (ФГУП СПМБМ «Малахит»), **А. Н. Терехин,** канд. техн. наук (ВИТУ)

УДК 621.436.05:629.5

Условия работы дизелей в составе анаэробных энергетических установок (АнЭУ) применительно к использованию на подводных лодках и глубоководных аппаратах существенно отличаются от расчетных. В таких АнЭУ в качестве рабочего тела в цилиндрах дизеля используется искусственная газовая смесь (ИГС), принципиально отличающаяся физическими и термодинамическими свойствами от воздуха и оказывающая большое влияние на протекание процессов воспламенения и сгорания топлива, а следовательно, на мощностные и экономические показатели АнЭУ. СПМБМ «Малахит» и Военным инженерно-техническим университетом (ВИТУ) предложен вариант решения данной задачи для малых подводных лодок [1,2].

В общем случае любую ИГС перед впускными органами дизеля можно разделить на окислитель $O_2$ и наполнитель, в состав которого в различных соотношениях могут входить $CO_2$, пары $H_2O$, азот ($N_2$), аргон (Ar) или любой другой инертный газ. Анализ возможных составов ИГС при работе АнЭУ позволил для дальнейших исследований ограничиться четырехкомпонентными смесями: $O_2$+$CO_2$+пары $H_2O$+$N_2$, концентрации отдельных компонентов $r_i$ которых могут изменяться в широких пределах: $0,22 \le r_{O_2} \le 0,4$; $r_{H_2O} \le 0,15...0,2$.

Замена двухатомного $N_2$ трехатомными газами $CO_2$ и $H_2O$ оказывает существенное влияние на характер протекания процесса сгорания в двигателе АнЭУ. Получить информацию о процессе сгорания можно различными методами, в том числе с помощью экспериментальных индикаторных диаграмм давления газов в цилиндре, снятых при испытании дизеля. Посредством специальной математической обработки этих диаграмм выявляются так называемые интегральные и дифференциальные характеристики тепловыделения: $x = f(\varphi)$ и $dx/d\varphi = f(\varphi)$, наиболее существенно зависящие от свойств ИГС. Их выявление имеет актуальное значение для изучения рабочего процесса двигателя АнЭУ и означает более глубокую ступень исследования. В связи с этим на основании известных методов анализа индикаторного процесса дизелей, работающих по открытому циклу (ОЦ), разработаны методика расчета характеристик тепловыделения для двигателей АнЭУ, алгоритм и программы расчета на ЭВМ, позволяющие количественно оценивать влияние состава ИГС на динамику тепловыделения и параметры процесса сгорания, рассчитывать индикаторные и эффективные показатели рабочего процесса дизеля.

Методика расчета основана на том, что для произвольного момента времени процесса сгорания в цилиндре дизеля при его работе на ИГС справедлива известная система уравнений:

$$\frac{dQ_m}{d\varphi} + \frac{dQ_w}{d\varphi} = C_{V_{см}} G_{T_{см}} \frac{dT}{d\varphi} + P\frac{dV}{d\varphi} \; ; \qquad (1)$$

$$P = G_{см} R_{см} \frac{T}{V} \; ; \qquad (2)$$

$$\sum_{i=1}^{n} r_i = 1 \; , \qquad (3)$$

где $dQ_m/d\varphi = Q_н g_ц dx/d\varphi$ — количество теплоты, сообщаемое ИГС в элементарном процессе за счет сгорания цикловой порции топлива $g_ц$, Дж/град.п.к.в [поворот коленчатого вала]; $Q_н$ — низшая теплотворная способность топлива, Дж/кг; $dQ_w/d\varphi$ — количество теплоты, сообщаемое ИГС в элементарном процессе за счет теплообмена со стенками рабочей полости цилиндра (определяется по известному уравнению Ньютона—Рихмана), Дж/град.п.к.в; $R_{см}$, $C_{V_{см}}$, $G_{см}$ — текущие значения соответственно газовой постоянной, истинной массовой изохорной теплоемкости ИГС и количества ИГС в элементарном процессе цилиндра дизеля, Дж/(кг·К), кг/цикл; $P$, $V$, $T$ — текущие значения соответственно давления, объема и температуры ИГС в цилиндре дизеля в элементарном процессе, Па, $м^3$ , К; $P{\cdot}dV/d\varphi$ — совершаемая поршнем и передаваемая на поршень работа в элементарном процессе в цилиндре дизеля, Дж/град.п.к.в.; $dT/d\varphi$ — скорость изменения температуры ИГС в элементарном процессе за период $d\varphi$, К/град.п.к.в.

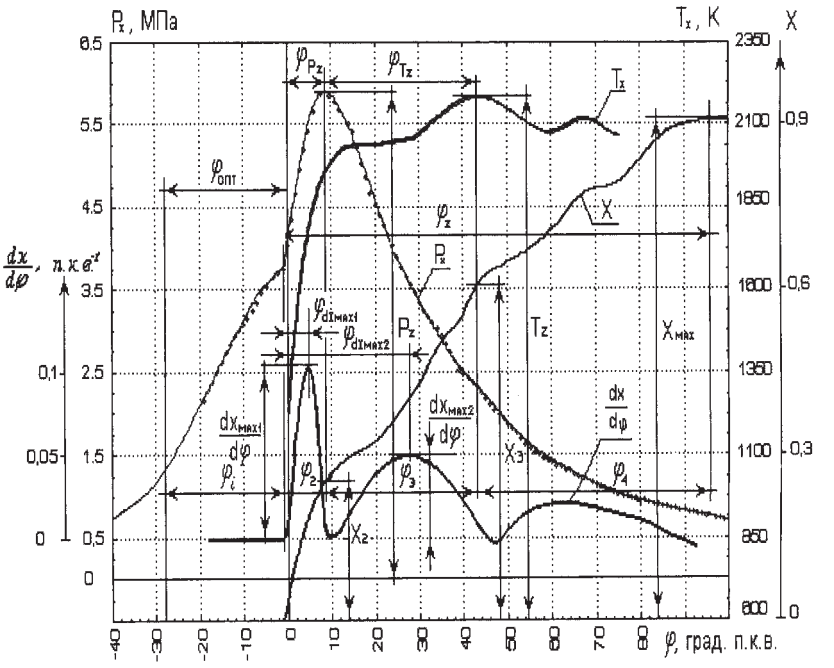
Уравнение (1) представляет собой I закон термодинамики в дифференциальной форме, (2) — характеристическое уравнение

состояния ИГС, (3) — уравнение материального баланса ИГС. Они справедливы при следующих допущениях: рабочее тело подчиняется уравнению состояния идеального газа; отсутствуют потери теплоты из-за испарения топлива, впрыснутого в цилиндры двигателя; отсутствуют потери теплоты вследствие диссоциации молекул продуктов сгорания.

После несложных преобразований, решая совместно уравнения (1), (2) и (3) относительно $dx/d\varphi$, можно получить выражение для относительной скорости сгорания топлива: $dx/d\varphi = f(P, \varphi)$. Применяя численный метод интегрирования такого уравнения, например метод Рунге—Кутта, можно рассчитать и построить функцию $x = f(\varphi)$, т. е. кривую выгорания топлива и функцию $dx/d\varphi = f(\varphi)$, которая определяет динамику тепловыделения двигателя при работе на ИГС различного состава (рисунок). Выполненные в ВИТУ исследования показывают, что в настоящее время возможно на качественно новом уровне проводить НИОКР по совершенствованию рабочего процесса двигателей АнЭУ, а также использовать получаемую информацию о характеристиках тепловыделения для целей диагностирования дизелей при их работе на ИГС и прогнозирования их безопасной эксплуатации в составе АнЭУ. При введении соответствующих процедур в расчетную программу состав наполнителя ИГС может дополняться другими компонентами, например $H_2$, $C_2H_2$, $CH_3$ и т. д. Кроме того, при концентрациях $r_{O_2}$ = 0,21 и $r_{N_2}$ = 0,79 ИГС «трансформируется» в атмосферный воздух, что дает возможность исследовать динамику тепловыделения дизеля в обычных условиях эксплуатации.

Дополнив данную методику и ее программную реализацию последовательным проведением множественного корреляционного и регрессионного анализа, можно определять не только вид аппроксимирующей функции $x = f(\varphi)$, но и количественно оценивать основные параметры процесса сгорания в зависимости от свойств ИГС и на основании этого построить математическую модель (ММ) оценки физико-химического состояния (ФХС) ИГС по параметрам процесса сгорания.

Под ФХС смеси подразумевается ее состав ($r_{O_2}$, $r_{CO_2}$, $r_{N_2}$, $r_{H_2O}$, $r_x$) и параметры состояния ($P_{см}$, $T_{см}$).




**Параметры, характеризующие процесс сгорания двигателя в условиях функционирования по открытому циклу**

ММ построена следующим образом. Текущее ФХС смеси перед впускными органами дизеля представляется вектором в некотором множестве допустимых значений. Ему соответствует множество допустимых значений параметров, характеризующих процесс сгорания дизеля, которое определяет его работоспособность. Установив соответствие структур двух множеств, можно рассчитать проекцию вектора ФХС искусственной газовой смеси во множестве допустимых значений параметров, характеризующих процесс сгорания дизеля. После проверки адекватности расчета вектор ФХС ИГС вычисляется по текущим значениям параметров, характеризующих процесс сгорания дизеля.

По отклонению расчетного вектора от диапазона допустимых значений параметров, характеризующих ФХС газовой смеси, формируется исходная информация для системы защитной автоматики, предупредительной сигнализации или системы автоматического управления АнЭУ. Параметры ФХС ИГС оказывают довольно сложное влияние на параметры, характеризующие работоспособность дизеля. Выявить соответствие структур двух множеств возможно путем последовательного проведения корреляционного и регрессионного анализа экспериментальных данных с последующей проверкой адекватности установленной взаимосвязи.

В общем случае эти зависимости имеют вид

$$F_r = (\vec{x}, \vec{y}, \vec{z}, \vec{U}) ; r = \overline{1, m},$$

где $\vec{x}$, $\vec{y}$ и $\vec{z}$ — соответственно векторы $\vec{x} = (x_1, x_2, ..., x_n)$; $\vec{y} = (y_1, y_2, ..., y_h)$; $\vec{z} = (z_1, z_2, ..., z_s)$.

Так как величины $\vec{y}$, $\vec{z}$ измеряются, то найденные зависимости фактически связывают векторы $\vec{x}$ и $\vec{U}$ при некоторых фиксированных векторах $\vec{y}$ и $\vec{z}$:

$$\Phi_r(\vec{x}, \vec{U}, \xi) = 0, r = \overline{1, m},$$

где $\xi$ — обобщенное значение неучтенных показателей, несущественно влияющих на работоспособность дизеля.

Если величину $\xi$ считать случайной, то установленная система уравнений представляет стохастическую математическую модель. Если же величиной $\xi$ пренебречь, то система преобразуется в детерминированную математическую модель оценки параметров ФХС газовой смеси по параметрам процесса сгорания:

$$\Phi_r(\vec{x}, \vec{U}) = 0, r = \overline{1, m}, \quad (4)$$

в которой компоненты вектора $\vec{x}$ являются параметрами процесса сгора-

ния, а компоненты вектора $\vec{U}$ — параметрами, характеризующими состав и состояние ИГС перед впускными органами дизеля, и вычисляются в результате решения системы уравнений в матричном виде с помощью пакетов математических программ «Statistica 5.0» и «Derive 4.02». Установленные таким образом структуры множеств и связь между ними заносятся в базу данных. Алгоритм реализации ММ оценки ФХС искусственной газовой смеси на впуске дизеля АнЭУ по параметрам процесса сгорания состоит из двух этапов. На первом (экспериментальные исследования, заводские испытания и т. д.) регистрируются параметры, характеризующие работоспособность дизеля АнЭУ на установившихся режимах, строятся системы уравнений, проверяется их адекватность и создаются базы данных диапазонов оптимальных значений. На втором (этап эксплуатации АнЭУ) по текущим значениям измеряемых параметров рассчитываются состав и параметры состояния ИГС на впуске дизеля. По отклонению расчетных значений параметров ИГС от значений, хранящихся в базах данных, формируется исходная информация для системы защитной автоматики, предупредительной сигнализации. Использование ММ дает возможность исключить или дублировать приборы газового анализа при диагностике двигателей АнЭУ.

Одним из наиболее эффективных способов исследования изменения параметров рабочего процесса дизелей при их работе на ИГС различного состава является расчетный метод численного моделирования. Поэтому была разработана универсальная ММ рабочего процесса двигателя как основного функционального элемента АнЭУ с практической реализацией ее на ЭВМ. За основу принят метод численного моделирования, предложенный Б. М. Гончаром (ЦНИДИ), в котором характеристики процессов рабочего цикла определяются решением системы дифференциальных уравнений сохранения энергии и массы. Так, решая уравнение (1) относительно $dT/dj$ с учетом зависимости (2), получаем

$$\frac{dT}{d\varphi} = \frac{1}{C_{V_{см}} C_{T_{см}}} \left( \frac{dQ_m}{d\varphi} + \frac{dQ_w}{d\varphi} - \frac{G_{см} R_{см} T}{V} \frac{dV}{d\varphi} \right). \quad (5)$$

Уравнение (5) выражает скорость изменения температуры ИГС по углу п.к.в. двигателя в зависимости от интенсивности сгорания (подвода теплоты), теплообмена, скорости изменения объема цилиндра, истинной изохорной теплоемкости и состава ИГС. Все слагаемые правой части можно выразить в зависимости только от двух переменных: текущего значения температуры ИГС (T) и угла п.к.в. (φ), т. е. привести к виду $dT/d\varphi = f(T, \varphi)$ и, применяя численный метод интегрирования, рассчитать и построить температурную кривую рабочего процесса $T = f(\varphi)$, откуда с учетом (2) получить кривую давлений $P = f(\varphi)$ и рассчитать значение среднего индикаторного давления $P_i$ с последующим определением всех остальных индикаторных и эффективных показателей рабочего процесса дизеля.

С учетом общих закономерностей динамики тепловыделения дизелей с неразделенными камерами сгорания (КС) значения величин $x$ и $dx/d\varphi$ предлагается определять по уравнениям И. И. Вибе [3]:

$$x = 1 - e^{-2{,}966 \cdot \left(\frac{\varphi}{\varphi_z}\right)^{m+1}}; \quad (6)$$

$$\frac{dx}{d\varphi} = \frac{2{,}996\,(m+1)}{\varphi_z} \cdot \left(\frac{\varphi}{\varphi_z}\right)^m \times e^{-2{,}966 \left(\frac{\varphi}{\varphi_z}\right)^{m+1}}; \quad (7)$$

где $m$ — показатель степени, характеризующий положение и значение максимума скорости сгорания; $\varphi_z$ — условная продолжительность сгорания при максимальной доле сгоревшего топлива $x = 0{,}95$, град. п.к.в.

Анализ различных факторов, влияющих на величины $m$ и $\varphi_z$, позволяет предположить, что с переводом дизеля на ИГС значения параметров процесса сгорания должны изменяться и что величины $m$ и $\varphi_z$ наиболее целесообразно представлять в виде регрессионных зависимостей от состава и параметров состояния ИГС. Так, для двигателя 6Ч12/14 с камерой сгорания в поршне при математической обработке на ЭВМ с использованием программы пошаговой множественной регрессии «STEPR» результатов расчета $m$ и $\varphi_z$ получены зависимости:

$$m^{нк} = 3928{,}18\, \varphi_z^{-2{,}997}; \quad (8)$$

$$\varphi_z^{нк} = 129748{,}08\, r_{O_2}^{1{,}015} \cdot g_ц^{0{,}6723}. \quad (9)$$

Уравнения (8) и (9) применимы в пределах следующих значений факторов: $r_{O_2} = 0{,}1973...0{,}3$; $\varphi_z = 20...66$ град. п.к.в; $g_ц = 0{,}259 \cdot 10^{-4}... 0{,}609 \cdot 10^{-4}$ кг/цикл.

Для описания процесса сгорания в дизелях с разделенными КС на ИГС предлагается модель, где скорость выгорания топлива имеет два максимума. В этом случае $x = f(\varphi)$ и $dx/d\varphi = f(\varphi)$ могут быть представлены следующими уравнениями:

$$x = 1 - x_2\, e^{\left[\frac{-m_1}{m_1+1}\left(\frac{\varphi}{\varphi_{dx_{max}}/d\varphi}\right)^{m_1+1}\right]} - (1 - x_2) \times \times \frac{m_z}{\varphi_z}\left(\frac{\varphi}{\varphi_z}\right)^{m_z} e^{\left[\frac{-m_z}{m_z+1}\left(\frac{\varphi}{\varphi_z}\right)^{m_z+1}\right]}; \quad (10)$$

$$\frac{dx}{d\varphi} = x_2 \frac{m_1}{\varphi_{\frac{dx_{max1}}{d\varphi}}}\left(\frac{\varphi}{\varphi_{\frac{dx_{max1}}{d\varphi}}}\right)^{m_1} e^{\left[\frac{-m_1}{m_1+1}\left(\frac{\varphi}{\varphi_{dx_{max}}/d\varphi}\right)^{m_1+1}\right]} + + (1 - x_2)\frac{m_z}{\varphi_z}\left(\frac{\varphi}{\varphi_z}\right)^{m_z} e^{\left[\frac{-m_z}{m_z+1}\left(\frac{\varphi}{\varphi_z}\right)^{m_z+1}\right]}, \quad (11)$$

где $x_2$ — количество выгоревшего топлива к моменту достижения максимального давления в цилиндре двигателя; $m_1$ — показатель сгорания для промежутка времени от начала процесса сгорания до момента достижения максимального давления в цилиндре двигателя; $\varphi_{dx_{max}1}/d\varphi$ — угол, соответствующий первому максимальному значению скорости выгорания топлива, град.п.к.в.; $\varphi_z$ – продолжительность процесса сгорания, град.п.к.в.; $m_z$ — показатель сгорания для промежутка времени от начала до окончания процесса сгорания.

Величины $x_2$, $m_1$, $m_z$, $\varphi_{dx_{max}1/d\varphi}$ и $\varphi_z$ наиболее целесообразно представлять в виде регрессионных зависимостей. Так, для двигателя 4Ч8,5/11 с разделенной камерой сгорания эти зависимости имеют вид:

$$\varphi^{pk}_{\frac{dx_{max1}}{d\varphi}} = 1{,}5 \cdot 10^5 \left(\frac{dP_{max}}{d\varphi}\right)^{(-0{,}86)}; \quad (12)$$

$$x_2^{pk} = 2{,}47 B_T^{(-1{,}6)}; \quad (13)$$

$$\varphi_2^{pk} = 0{,}6 B_T^3\, r_{O_2}^{(-0{,}66)}; \quad (14)$$

$$m_1^{pk} = 1{,}34 B_T^{0,7} r_{CO_2}^{0,33}; \quad (15)$$

$$m_z^{pk} = 2{,}65 \cdot 10^{(-14)} r_{H_2O}^{0,1} \Delta P_{вп}^{3,2} T_{см}^{-1,05}, \quad (16)$$

где $dP_{max}/d\varphi$ — максимальное значение скорости нарастания давления, Па/град.п.к.в; $B_T$ — часовой расход топлива, кг/ч.

Уравнения (12)...(16) получены в результате обработки на ЭВМ экспериментальных индикаторных диаграмм двигателя 4Ч8,5/11 с использованием пакета математических программ «Derive 4.02» и применимы для следующего диапазона измеряемых параметров:

$r_{O_2}$ = 0,18...0,35; $r_{CO_2}$ = 0,04...0,23;

$r_{H_2O}$ = 0,06...0,35; $T_{см}$ = 36...72 °С;

$B_T$ = 1,46...3,69 кг/ч;

$\Delta P_{вп}$ = 100 300...101 325 Па;

$dP_{max}/d\varphi$ = 0,09...0,59 МПа/град. п.к.в.

Разработанная ММ дизеля АнЭУ, в отличие от известных, является универсальной по своему использованию, позволяя моделировать рабочий процесс дизеля как на ИГС различного состава, так и на воздухе в неспецификационных условиях эксплуатации. Используя ММ, можно существенно сократить затраты на проведение исследований принципиально новых АнЭУ при их работе без связи с атмосферой, а также разработать рекомендации по конвертации и регулировке дизелей для обеспечения их безопасной эксплуатации в составе АнЭУ.

**Литература**

1. Экспериментальные исследования работы дизеля на искусственных газовых смесях, отличающихся по составу от воздуха/ *В. Г. Кривов, В. А. Путятинский, А. Н. Агафонов, И. О. Прутчиков*//Двигателестроение. 1989. № 12.
2. *Агафонов А. Н.* Математическое моделирование действительного цикла двигателя/ЛВВИСУ. Л., 1991.
3. Стендовая модель анаэробной энергоустановки на базе поршневого ДВС для перспективных заказов российского флота/*А. Н. Агафонов, А. Н. Терехин, С. Н. Кирюхин, Д. А. Мотовилов, В. В. Замуков*//Электрическое питание. 2004. № 4.

## БЛИЦ-НОВОСТИ

✓ 4 апреля отправилось в первый рейс судно снабжения «Pacific Endeavour», построенное на норвежской верфи Aker Yard AS Langsten для совместного предприятия, созданного Приморским морским пароходством и Swire Pacific Offshore для обеспечения работ на шельфе по проекту «Сахалин-2».

✓ С 2006 г. ЗАО «Тюменьсудокомплект» приступило к выпуску аварийных дизель-генераторов мощностью 60 и 100 кВт, изготавливаемых на базе судовых дизелей семейства ЯМЗ. Данные агрегаты сертифицированы РМРС.

✓ 3 марта в ходе традиционного фирменного дня для средств массовой информации генеральный директор ОАО «Кировский завод» Г. П. Семененко сообщил журналистам об итогах работы предприятия в 2005 г.: промышленной продукции произведено на 8734,6 млн руб. (114,5% к 2004 г. в сопоставимых ценах), суммарная реализация продукции, работ и услуг составила 10 491,1 млн руб. (126,1%), балансовая прибыль до налогообложения — 950 млн руб., среднесписочная численность персонала 8514 чел., объем реализации на одного работника в год 1 232 000 руб., средняя зарплата 14 300 руб. В 2006 г. объем реализации планируется увеличить до 11 600 млн руб.

✓ 29 марта со стапеля ОАО «Волгоградский судостроительный завод» спущен на воду сухогруз «Зейналабдин Тагиев» дедвейтом 6970 т (пр. 006RSDO5) — пятое судно в серии из 6 ед., заказанной компанией Palmali Shipping.

✓ ЗАО «Балтдрага» заключило контракт с голландской компанией IHC Holland Beaver Dredgers BV на постройку земснаряда, который будет использоваться для производства дноуглубительных работ, в частности, для расширения петербургского Морского канала. Кредитную линию в размере 12,9 млн евро (сроком на 2 года) для финансирования контракта открыл петербургский филиал Национального резервного банка.

✓ 24 марта в эллинге ОАО СФ «Алмаз» состоялась официальная церемония закладки третьего малого артиллерийского корабля «Махачкала» (пр. 21630, Зеленодольское ПКБ) для Каспийской флотилии ВМФ.

✓ 25 марта судостроители ОАО «Завод "Красное Сормово"» спустили на воду танкер «Koroglu» (пр. 19619) дедвейтом 13 000 т, предназначенный для азербайджанской компании КАСПАР.

✓ В марте на стапеле ОАО «Завод "Нижегородский теплоход"» состоялась закладка второго моторного катера пр. ST-14 «Boomer». Его длина 15 м, водоизмещение 16,2 т, мощность двигателя 50 кВт. В этом же месяце был заложен второй корпус 110-метрового сухогруза пр. 164РТ для голландской компании Rensen Shipbuilding BV.

✓ 21 марта ОАО СЗ «Лотос» и компания Rensen Shipbuilding BV заключили контракт на постройку двух контейнеровозов (корпусов), имеющих размерения 135 х 17,1 х 6 м и осадку 3,5 м.

✓ В ОАО «Балтийский завод» в марте приступили к подготовке производства для изготовления корпуса необитаемого подводного аппарата из титана. Его длина 7 м, диаметр около 1,5 м, масса 3 т.

✓ 19 марта в эллинге ФГУП ПО «Севмаш» заложили атомную подводную лодку «Владимир Мономах» для ВМФ России.

✓ 18 марта ФГУП ДВЗ «Звезда» спустило на воду головное рыболовное судно «Ураганный» типа РС-450 (КБ ООО «Посейдон»). Заказчик — Дальневосточная лизинговая компания. Эксплуатировать судно будет компания «Моряк-Рыболов».

✓ 14 марта совет директоров ОАО СЗ «Лотос» назначил нового генерального директора — Анатолия Георгиевича Крымова.

✓ 14 марта состоялась церемония передачи ОАО «Газпром» многофункционального ледокольного судна обеспечения «Владислав Стрижов», построенного на норвежской верфи Havyard Leirvik по проекту MOSS 828-MISV.

✓ В марте в Северодвинске состоялась церемония открытия памятного знака и присвоения ягринской набережной имени А. Ф. Зрячева — директора МП «Звездочка» в 1972—1992 гг.

✓ Норвегия профинансирует утилизацию АПЛ К-367 пр. 671 на ФГУП СРЗ «Нерпа». Окончание работ — осень 2006 г.

✓ 15 февраля голландская компания Damen Shipyards Bergum подписала контракт с ООО «Невский судостроительный судоремонтный завод» на постройку четырех многоцелевых сухогрузов типа CF7200, имеющих длину 117,1 м, ширину 15,9 м и грузоподъемность 7200 т. Головное судно, частично насыщенное оборудованием, планируется сдать в мае 2007 г.

✓ В феврале ОАО «Завод "Красное Сормово"» приобрело 25% плюс одну акцию ОАО ЦКБ «Лазурит».

✓ 22 февраля Херсонский судостроительный завод (Украина) передал компании Concord Shipping сухогруз «Челси-3» дедвейтом 5830 т (пр. 005RSD06.02, Морское Инженерное Бюро).

✓ Совет директоров ОАО «Ярославский судостроительный завод» назначил нового генерального директора — Веньямина Леонидовича Клюкина.

# КТО ОТВЕЧАЕТ ЗА СУДОВУЮ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКУЮ СИСТЕМУ В ЦЕЛОМ?

(*В порядке обсуждения*)

**Н. А. Лазаревский,** канд. техн. наук, **Л. Н. Токарев,** докт. техн. наук
(ФГУП ЦНИИ судовой электротехники и технологии)

УДК 621.311.629.5

В истории судовой электротехники немало было ситуаций, в которых электротехническая система (ЭЭС), состоящая из исправных, соответствующих техническим условиям элементов, не обеспечивала ожидаемого качества её функционирования. Приходилось, например, перекладывать кабельные трассы для обеспечения электромагнитной совместимости, непосредственно в процессе сдачи судна менять установленное или добавлять новое электрооборудование, проводить дополнительные исследовательские работы и расчеты. Устройства и системы, настроенные и сданные при питании от береговой сети, приходилось заново настраивать, а то и заменять. Менялись и концепции проектирования, как это было, например, в 70-х годах в отношении пожаробезопасности, виброакустики и электромагнитной совместимости. Проектанты оборудования, например, устройств автоматического управления, качество работы которых зависит от других элементов ЭЭС, даже конструкторские решения принимали (и принимают!) такие, при которых поставщик может сдавать свои изделия независимо от других. Такие технические решения получаются иногда не оптимальными, но зато позволяют сдать устройства независимо от работоспособности соседних по ЭЭС.

Но самым существенным является то, что судно уходит в рейс с ухудшенными по сравнению с ожидаемыми характеристиками.

На завершающей стадии строительства судна параметры качества всех видов электротехнического оборудования: генераторных агрегатов, электродвигателей приводов, в том числе гребных, электромашинных и статических преобразователей, трансформаторов, кабелей, устройств электропитания радиоэлектронного вооружения проверяются на соответствие техническим условиям (ТУ). В процессе разработки и изготовления оборудования межведомственная комиссия, принимая опытные и головные образцы, тщательно сверяет показатели качества, записанные в ТУ, с данными экспериментальных исследований. При расхождении показателей испытуемое изделие не допускается к серийному производству.

То же происходит при периодических проверках соответствия ТУ на предприятиях-изготовителях. Если какая-либо характеристика электрооборудования не соответствует ТУ, проверяемое изделие бракуется.

Указанная практика обеспечивает работоспособность изделий, прошедших межведомственные испытания и проходящих выходной контроль на заводе-поставщике.

Но вот задача, с которой постоянно сталкиваются все, без исключения, проектанты судов и кораблей, — будет ли вполне работоспособна ЭЭС, состоящая из множества элементов, каждый из которых соответствует своим частным ТУ? И кто отвечает за работоспособность всей системы? Проектант? Но он не изготовитель ЭЭС. Если система, составленная из работоспособных элементов, не работает или работает недостаточно хорошо, то начальник проектного бюро не может предъявить претензии конкретному предприятию за плохую работу. Не может он и предварительно, до отправки проектной документации на судостроительный завод проверить соответствие системы заданным характеристикам. Не может по чрезвычайно простой причине — не существует такого документа, в котором записаны количественные характеристики качества системы. Дизель-генератор имеет документ в виде ТУ, электродвигатель и распределительный щит тоже имеют, а ЭЭС в целом — не имеет.

Поэтому создание, проектирование ЭЭС происходит, по-существу, с расчетом на случай: то ли будет исправно работать система, составленная из исправных элементов, то ли нет. Естественно, что проектирование ЭЭС ведется опытными специалистами, умеющими предвидеть характер и качество взаимодействия различных видов электрооборудования в системе. Как правило, ЭЭС работают, принимаются заказчиком и наблюдающими организациями. А если плохо работают, то составляются протоколы, фиксирующие реальное состояние систем. Проектант и заказчик вынуждены мириться с полученными реальными результатами испытаний на корабле, если эксплуатация ЭЭС возможна, либо искать организацию, способную устранить недостатки, закупать какое-то оборудование, менять схемы и конструкцию. На это тратятся дополнительные средства, срываются сроки сдачи судна, заказчик несет убытки из-за несвоевременного ввода судна в эксплуатацию.

В принципе, можно было бы оформить страхование от подобных проблем, но кто возьмется рассчитать соответствующие риски?

Надо сказать, что и программы испытаний систем составляются проектантом с рас-

четом только на удачное стечение обстоятельств. По отдельным изделиям программы пишутся с учетом необходимости сдачи оборудования по требованиям представителей наблюдения, предъявляемым к отдельному виду. Контрольно-измерительные и силовые (нагрузочные) средства предусматриваются тоже только под конкретное изделие. Качество работы проверяется по пунктам ТУ, так же, как, например, на заводах-поставщиках. А получаемые параметры системы, в которой работает это изделие, с чем сравнивать? Не с чем, кроме, естественно, самых общих качеств, записанных в правилах электрооборудования кораблей и судов. Но общие правила, относятся к флоту в целом. А как быть с конкретным кораблем, как учесть все его многочисленные особенности?

Следует иметь в виду, что к судовой ЭЭС в целом предъявляются такие требования, которые принципиально отсутствуют в ТУ на отдельные виды электрооборудования. Так, ЭЭС обязательно должна обладать таким качеством, как селективность защиты от коротких замыканий. Что должен сделать проектант, чтобы обеспечить это качество? Он должен провести тщательный анализ всех возможных аварийных ситуаций, вызванных короткими замыканиями в разных частях системы, оценить поведение различных видов электрооборудования в таких режимах, грамотно выбрать, например, временные и токовые уставки автоматических выключателей и других устройств защиты.

ЭЭС должна обеспечивать статическое и динамическое качество электроэнергии по частоте, напряжению, искажениям формы кривой, вызванным полупроводниковыми преобразователями энергии, по импульсным коммутационным перенапряжениям, по модуляции напряжения. Для достижения этого необходимо провести расчеты процессов в самых различных режимах работы.

Сказанное особенно актуально в связи с обозначившимся направлением развития судовой электроэнергетики — объединением всех потребителей с системой электродвижения судна. Единая ЭЭС должна обеспечить, с одной стороны, качество электроэнергии, как в обычной системе, с другой — быстрые пуски и реверсы гребных двигателей, быстрое изменение хода корабля. Здесь уже без учета системных требований не обойтись. Единая ЭЭС должна обеспечить устойчивость работы во всех нормальных и аварийных режимах функционирования корабля.

Но где, в каком документе записано, кто отвечает за реализацию требований к подобной ЭЭС? Нигде! И никто из поставщиков отдельных изделий за это не отвечает. Как всегда, ответственность за те качества систем и оборудования, которые не документированы, несет только конструкторское бюро (КБ) — проектант судна.

Очевидно, что судовая ЭЭС должна определенным образом управляться, контролироваться, диагностироваться с учетом взаимодействия всего комплекса электрооборудования.

Еще сложнее ситуация с аварийными режимами. Что случится, предположим, с судовой электростанцией, если произойдет обрыв цепи обмотки возбуждения одного из параллельно работающих генераторов или уравнительной связи по реактивному току? Или заклинит вал мощного асинхронного привода, например, подруливающего, или заглохнет один из дизелей? Восстановится параллельная работа дизель-генераторов после отключения короткого замыкания на фидере вблизи от главного распределительного щита (ГРЩ) или на самом ГРЩ? Будет обесточен корабль? Или источники электроэнергии могут еще функционировать? На сколько следует снизить потребляемую электростанцией мощность, до каких пределов допустимо снизить показатели качества электропитания, чтобы ЭЭС продолжала поддерживать жизнедеятельность объекта? Что следует предпринять для предотвращения необратимого развития аварии? Какие и по какой методике следует провести неразрушающие испытания системы на стендах, чтобы ответить на подобные вопросы заранее, а не тогда, когда корабль уже построен и уже слишком поздно или слишком дорого выполнять какие-то существенные доработки ЭЭС?

Чтобы ответить на эти вопросы, необходимо поставить соответствующие задачи перед специалистами, умеющими рассчитать сложные процессы в системе в нормальных и аварийных режимах работы, способными на основании расчетов предвосхитить развитие аварийных ситуаций, предусмотреть мероприятия, которые ограничат объем возможных разрушений, не допустят, в частности, возгораний.

Как уже было сказано выше, всю ответственность за последствия непредусмотренных в процессе проектирования ситуаций несет КБ — проектант судна. Но могут ли специалисты проектной организации предусмотреть все? Скорее нет, чем да. И не потому, что не хотят. У проектанта другая специализация. КБ должно выбрать оборудование, грамотно разместить его с учетом совместимости функционирования, оценить затраты на приобретение и строительство, разработать кабельную сеть, оформить все необходимые документы на поставки, обеспечить связи с судостроительным заводом, отслеживать процесс строительства с учетом неизбежных корректировок документации и многое другое. Держать в штате узких специалистов по различного рода электротехническим расчетам и анализам процессов слишком дорого и просто нерационально. Совмещение проектной и исследовательской деятельности нерационально и потому, что заняты эти специалисты будут только периодически, возможности работать на стендах и в лабораториях у них не будет, совершенствовать свое мастерство в работе над проектами других КБ они не смогут, оценивать качество их работы руководителям бюро будет затруднительно из-за совершенно разной специфики деятельности проектантов и исследователей.

В то же время рациональное разделение труда в масштабах отрасли давно существует.

Конструкторские бюро занимаются проектированием судна, а расчетами, теоретическими и экспериментальными исследованиями — научно-исследовательские институты (НИИ), созданные еще в СССР. Только характер их научно-технического сотрудничества должен быть скорректирован в условиях рыночной экономики.

В Советском Союзе НИИ получали большие средства на научно-исследовательскую работу из госбюджета. Сейчас этот источник практически отсутствует. Поэтому, естественно, НИИ выделяют часть средств на создание научного задела из средств на разработку и поставку электрооборудования. Заказчики, как правило, это понимают и не делают различия между исследовательскими, опытно-конструкторскими и поставочными составляющими ведущихся работ. Главное для них — получить результат в виде отгруженного на объект оборудования с высоким качеством, записанным в ТУ на поставку.

Надо сказать, что такая практика имеет свои преимущества. Заказчик точно знает, что теоретическая

работа проводится точно под его заказ. В таком случае невозможны так называемые работы «на полку». Все идет в дело, все подчинено задаче создания конкретного оборудования с наиболее высоким качеством.

Представляется, что такое же отношение должно быть и к ЭЭС в целом. КБ должно выдавать техническое задание на разработку системы, качество функционирования которой соответствует количественным и качественным характеристикам, записанным в ТУ на поставку ЭЭС или единой ЭЭС, включающей как источники электроэнергии, так и гребные электроустановки со всеми необходимыми преобразователями.

Новым в организации работы должно быть более тесное сотрудничество КБ и НИИ. В договоре на разработку и поставку системы должно быть предусмотрено взаимное рассмотрение вариантов технических решений и проведение необходимых расчетов и исследований в процессе проектирования для выбора рациональных вариантов. Естественно, что исследования должны вестись под наблюдением проектантов с тем, чтобы учитывать конкретные условия данного судна.

Разработка ЭЭС под заданные ТУ должна несколько усилить и взаимодействие всех участников процесса создания судна с наблюдением, например, Российским морским регистром судоходства. Всем очевидно, что в зависимости от назначения судна требования к ЭЭС могут быть разными. Какие-то могут быть даже более жесткими, чем в правилах Регистра, какие-то мягче. Смягчение требований может снизить стоимость покупки и монтажа электрооборудования для данного судна, обеспечивая в то же время безопасность плавания.

Разработка ЭЭС по требованиям, записанным в ТУ на ЭЭС, безусловно облегчит проектирование, испытание и сдачу судна, повысит качество проекта и надежность функционирования судна, позволит значительно снизить риск ошибочных технических решений.

Предлагаем на стадии технического проекта разрабатывать ТУ на ЭЭС судна.

В технических условиях целесообразно предусматривать, например, такие характеристики системы: устойчивое и надежное функционирование во всех нормальных режимах эксплуатации; соответствие качества электроэнергии требованиям классификационных обществ, национальным стандартам и стандартам МЭК; пожаробезопасность; максимально возможная локализация аварийных ситуаций; электромагнитная совместимость всех видов электрооборудования и систем; минимальные массогабаритные характеристики системы; обеспечение автоматического управления, контроля и диагностики в соответствии с перечнем операций и т.д.

Требования к системе должны учитываться и при разработке технических заданий на новое электрооборудование и средства автоматики.

В заключение хочется отметить, что ФГУП ЦНИИ судовой электротехники и технологии имеет положительный опыт проектирования сложных ЭЭС, к которым следует отнести гребные электрические установки. В настоящий момент предприятие ведет работу по созданию единых ЭЭС нескольких типов для судов и кораблей различного назначения.

В завершающей стадии находится работа по созданию единой ЭЭС на базе системы электродвижения переменного тока для малого гидрографического судна. Главный конструктор проекта — канд. техн. наук А. В. Григорьев

Уже на стадии проектирования принято много новых технических решений. В состав единой ЭЭС входят винторулевые колонки и полупроводниковые преобразователи частоты на базе автономных инверторов напряжения. Следует отметить, что единая ЭЭС на базе системы электродвижения переменного тока создается впервые в отечественном судостроении. Впервые также разработаны и утверждены ТУ на единую ЭЭС судна. При этом весь комплекс работ по разработке, проектированию, конструированию, изготовлению и испытаниям системы в целом осуществлен на одном предприятии.

# КОМПЛЕКС ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ СУДОВ АРКТИЧЕСКОГО ПЛАВАНИЯ

**О. В. Одегова,** канд. техн. наук (СПбГМТУ)

УДК 681.12:629.553

Освоение северных районов имеет большое значение для экономики России. Особое место при этом занимает шельф арктических морей, богатый различными видами природных ресурсов, в частности углеводородным сырьем. Основные из открытых месторождений на шельфе Российской Федерации сосредоточены в Баренцевом и Карском морях — это такие гиганты, как Штокмановское, Русановское и Ленинградское месторождения в Западной Арктике. Крупные российские судостроительные предприятия ориентируются в настоящее время на строительство судов и технических средств для освоения месторождений нефти и газа на шельфе России. Так, Адмиралтейские верфи строят танкеры для Приразломного и Штокмановского месторождений по заказу «Севморнефтегаза» и танкеры для «Совкомфлота». Уже построены танкера для «Лукойла», способные работать в северных морях и перевозить сырье с месторождений Крайнего Севера.

Безопасность эксплуатации танкеров в сложных условиях Арктики обеспечивается специальной усиленной конструкцией корпуса, двойным дном и двойными бортами в районе грузовых танков, автоматизированными системами управления техническими средствами судна и судовождения.

Гарантированную прибыль при эксплуатации таких судов дает бесперебойность перевозок, точный учет перевозимых нефте- и газопродуктов, формирование предварительного плана загрузки и выгрузки, которые напрямую зависят от средств автоматики и контроля, установленных на судне.

Российская фирма «Валком» уже несколько лет серийно производит универсальные измерительные приборы марки TGD (рис. 1), измеряющие температуру, уровень, давление и плотность в грузовых танках судов и береговых терминалов, а также параметры сжиженных газов на газовозах типа LPG и LNG. Для контроля уровня прибор использует бесконтактный измеритель уровня, применяющий технологию GLFW (Guided Low Frequency Waveguide).

Как известно, точная работа любого измерительного прибора невозможна без периодической подстройки и калибровки. Этот процесс занимает значительное время, является дорогостоящим и трудоемким. В приборе TGD для обеспечения точности контроля параметров и уменьшения времени и стоимости обслуживания в состав измерителя уровня введен встроенный калибратор, обеспечивающий периодическую автокалибровку. Канал измерения температуры в TGD формируется гирляндой одиночных датчиков температуры PT-100 (класс DIN-A), расположенных через 1 м. Каналы измерения давления и плотности построены в TGD на высокоточных датчиках давления воздушной подушки или газа и дифференциальных датчиках давления для определения плотности жидкости. Обработка всех каналов измерения — уровня, температуры, давления и плотности — производится по двухпроводной схеме во встроенном процессоре по стандартному протоколу HARD. Данные поступают в операторную (для береговых терминалов) или пульт управления грузовыми операциями (для танкеров).

Рис. 1. **Прибор TGD (справа) и сигнализатор верхнего предельного уровня налива ASL-400**

Датчики выдерживают чрезвычайно низкую температуру и имеют встроенную защиту от обмерзания. Используя информацию, передаваемую датчиками в компьютер, оператор может в режиме реального времени рассчитать текущую остойчивость и прочность танкера, объем и массу принятого для перевозки груза. Дополнительной гарантией надежности работы системы является ее основа — интегрированная база данных проекта судна — электронная модель, с которой работает ЭВМ.

Для обеспечения гарантированной работоспособности оборудования, установленного на открытых пространствах, при плавании в Арктике при низких температурах предусмотрено следующее:

• датчики и сигнализаторы, производимые фирмой «Валком», герметичны, имеют корпуса из нержавеющей стали и работоспособны при температурах до –55 °С. В качестве дополнительной противоледовой защиты все оборудование (комплексные датчики грузовой системы и сигнализаторы уровня груза) оснащаются еще и кожухами из нержавеющей стали;

• все чувствительные элементы комплексных датчиков грузовой системы автоматически очищаются акустической волной, которая не дает образовываться льду на этих элементах;

• ударопрочные кожухи, установленные на сенсоры систем, позволяют использовать те ручные средства, которые обычно применяются командой для борьбы с обледенением;

• тестирование сигнализаторов уровня груза, входящих в независимую систему контроля верхнего уровня и перелива груза TSS/Alarm, не требует доступа к сигнализатору на палубе, так как он оснащен встроенным электронным автоматическим самотестированием с выдачей соответствующего сигнала в систему.

Известно, что причиной неудовлетворительной работы системы замера уровня в балластных танках на арктических танкерах в условиях низких температур является образование конденсата в трубках системы. Для решения этой проблемы в системе фирмы «Валком» используются дополнительные осушители воздуха, которые препятствуют образованию конденсата. Датчики устанавливаются в шкафу, находящемся в электроаппаратной, что исключает возможность повреждения мембраны в случае образования льда в балластных танках. Кроме того, при минусовых температурах используются дополнительные осушители воздуха, которые препятствуют образованию конденсата в трубах замера.

Одной из основных тенденций в мировой нефтяной и газовой отрасли является комплексная автоматизация резервуарных парков, портовых терминалов, а также танкеров.

Рис. 2. **Датчики на палубе в условиях обмерзания**

Внедрение интегрированных систем управления и контроля позволяет, например, сократить численность обслуживающего персонала или обеспечить управление судном одним человеком из рулевой рубки.

Интегрированная система управления танкером, поставляемая фирмой «Валком», позволяет, используя двойную сеть (Dual Net), обеспечивать надежную, дублированную передачу данных, необходимых для управления насосами, клапанами и задвижками, а также сигнализацию и аварийную остановку при угрозе перелива. Предусмотрена возможность связи с помощью одного из стандартных интерфейсов с системой динамического позиционирования судна или платформы, а также со всеми другими системами, поставляемыми иными производителями.

Известно, что при эксплуатации судов арктического плавания особое внимание уделяется подготовке экипажа, высокому профессионализму членов команды, занимающихся обслуживанием электронных приборов и интегрированных систем управления. Наряду с производством оборудования для судов арктического плавания, фирма «Валком» считает своей обязанностью участвовать и в обучении персонала работе с комплексом технических средств судна. Для этого на базе компьютерного моделирования процессов создан универсальный тренажер, с помощью которого можно при обучении имитировать загрузку судна, режимы работы механизмов и отрабатывать систему принятия решений в арктических условиях эксплуатации морской техники. Тренажер имеет универсальный характер и может быть настроен для работы с судами различных проектов.

# ВОДОЛАЗНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ НА ГЛУБИНАХ БОЛЕЕ 300 м

**Н. А. Ильин** (ФГУП ЦМКБ «Алмаз»)

УДК 626.022.1

Увеличение глубины водолазных работ вызывается необходимостью спасения экипажей затонувших подводных лодок (ПЛ) и выполнения подводно-технических работ при строительстве и обслуживании морских нефтегазодобывающих платформ. Глубина погружения современных ПЛ достигла 600 м; увеличились рабочие глубины для морских платформ — в Северном море до 300 м, у берегов Бразилии и Канады до 400 м.

Несмотря на значительные успехи в развитии подводных аппаратов с манипуляторами, необходимость использования водолазного труда на больших глубинах не уменьшилась. Об этом свидетельствуют и результаты работ на атомной ПЛ «Курск», затонувшей 12 августа 2000 г. на глубине около 118 м, где основные подводные работы выполнялись с помощью водолазов[1]. Погружения водолазов методом длительного пребывания под давлением (методом ДП) выполнялись непрерывно в течение 96 сут; водолазные колокола спускались 390 раз, суммарное время работы водолазов составило 6261 ч.

Экспериментальные погружения водолазов методом ДП в береговых гипербарических комплексах на рекордные глубины, проводившиеся в различных странах (табл. 1), показывают следующее:

• человек может находиться под давлением до 5—6,86 МПа газовой среды в течение 30—45 сут;

• на глубинах более 250 м при использовании для дыхания кислородно-гелиевой смеси гелий вызывает у водолазов нервный синдром, которого можно избежать путем добавления в смесь 5—10% газообразного азота и медленной компрессии водолазов в течение 3—4 сут;

Таблица 1

**Результаты экспериментальных погружений водолазов на рекордные глубины**

| Страна и год проведения эксперимента | Давление газовой среды в барокамерах, МПа | Организация-исполнитель | Состав дыхательной газовой смеси |
|---|---|---|---|
| Франция, 1974 | 6,1 | Sagittaire-iV Comex | Кислородно-гелиевая смесь |
| Великобритания, 1980 | 6,6 | BMC | Кислородно-азотно-гелиевая смесь |
| США, 1981 | 6,86 | Atlantis-III (Дьюкский университет) | То же |
| Франция, 1983 | 6,1 | BMC | » |
| Франция, 1988 | 5,3 | Hydra-iV Comex | Кислородно-водородно-гелиевая смесь |
| Россия, 1991 | 5,0 | ВМФ | Кислородно-азотно-гелиевая смесь |

Таблица 2

**Основные характеристики судовых глубоководных водолазных комплексов (ГВК)**

| Показатель | Судно-носитель ГВК, страна, год постройки | | |
|---|---|---|---|
| | «Energy Supporter», Нидерланды, 1985 | «Stena Seawell», Швеция, 1986 | «Mayo», Нидерланды, 1987 |
| Максимальная рабочая глубина, м | 450 | 450 | 450 |
| Рабочее давление ДГС в барокамерах и колоколе, МПа | 4,6 | 4,6 | 4,6 |
| Барокамеры: | | | |
| жилые/вместимость, чел. | 2/6, 1/8 | 3/6 | 2/6, 1/4 |
| приемно-выходные | 2 | 3 | 3 |
| Водолазные колокола | 1/3 | 2/3 | 2/3 |
| Гипербарические спасательные боты | 1 | 1 | 1 |
| Запас газов (кислорода, гелия) и ДГС в стационарных баллонах, $м^3$ | 15 000 | 21 000 | • |
| Тип спускоподъемного устройства | Шахтный | Шахтный | Шахтный |

[1] О подъеме атомной подводной лодки «Курск» см.: Судостроение. 2002. № 2. С. 59—66 (*прим. ред.*).

• высокая плотность кислородно-азотно-гелиевой смеси на рекордных глубинах затрудняет дыхание водолазов, особенно при физических нагрузках.

Попытки уменьшить плотность дыхательной газовой смеси, заменив в ней гелий водородом, который в два раза легче и в несколько раз дешевле гелия, не реализованы на практике из-за опасности взрыва.

Успехи практического освоения водолазами рекордных глубин в открытом море значительно скромнее. Регулярные работы на глубинах до 300 м стали проводиться лишь с 1983 г. Для создания условий эффективного и безопасного труда водолазов на этих глубинах потребовалось освоить метод ДП, создать водолазное снаряжение с замкнутой системой дыхания, отработать надежные системы жизнеобеспечения водолазов в барокамерах, колоколе и воде, организовать шахтный способ спуска и подъема колокола, создать систему динамического удержания судна с высокой точностью над местом водолазных работ, построить суда, обеспечивающие размещение глубоководного водолазного комплекса (ГВК) и снабжение его электроэнергией, газами, горячей и холодной водой, аудио- и видеосвязью.

Конструкции ГВК передовых зарубежных фирм имеют практически одинаковые принципиальную схему и составные части (рис. 1).

Построены десятки судов, оснащенных ГВК для глубин до 300 м, решающих задачи аварийно-спасательного обеспечения кораблей, строительства и обслуживания нефтегазодобывающих платформ, а также научного исследования морей и океанов. Достижения медицины и техники позволяют увеличить глубину и повысить безопасность водолазных работ. Строятся суда с ГВК для выполнения работ на глубинах до 450 м (табл. 2).

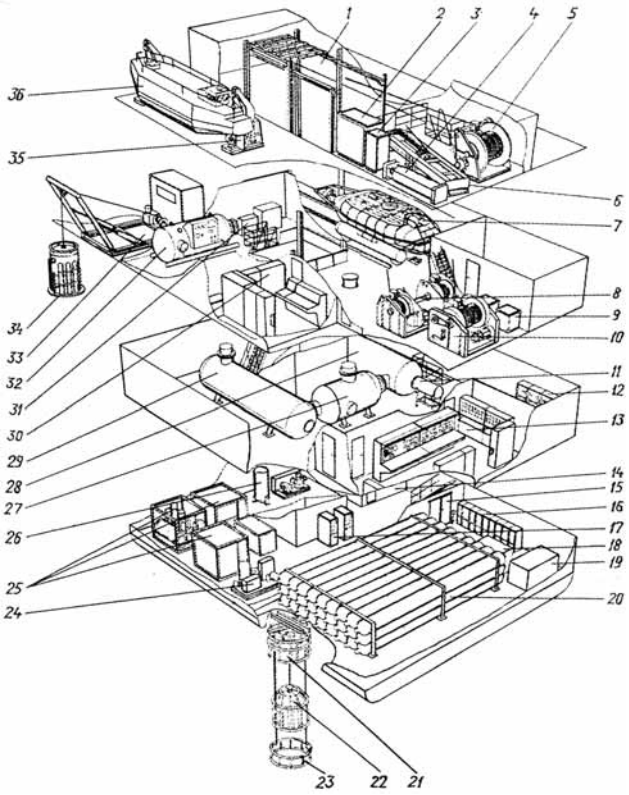



Рис. 1. **Компоновка судового глубоководного водолазного комплекса типа 300 MSW итальянской компании Drass:**
*1* — тоннель для проводки канатов и кабельно-шланговой связки (КШС); *2* — ресивер газовой смеси; *3* — установка очистки газовой смеси; *4* — система регенерации газовой смеси; *5* — вьюшка КШС; *6* — компенсатор вертикальной качки ВК; *7* — водолазный подводный аппарат; *8* — лебедка направляющих канатов; *9* — водонагреватель; *10* — лебедка колокола; 11 — транспортировочная барокамера; *12* — электрораспределительный щит; 13 — пульт управления барокамерами; *14* — гидрогенератор; *15* — щит тревожной сигнализации; *16* — газораспределительный щит; *17* — противопожарная система барокамер; *18* — газовый компрессор; *19* — газгольдер; *20* — баллоны; *21* — курсор; *22* — водолазный колокол; *23* — груз направляющих тросов; *24* — воздушный компрессор с фильтром; *25* — установка кондиционирования воздуха; *26* — газовый компрессор с ресивером; *27* — приемно-выходной отсек; *28, 29* — двухотсечная барокамера на 6 чел.; *30* — пульт управления ВК и СПУ ВК; *31* — воздушный компрессор; *32* — декомпрессионная барокамера; *33* — СПУ полуколокола; *34* — полуколокол; *35* — СПУ гипербарического спасательного бота; *36* — ГСБ

Из судовых ГВК, предназначенных для работ на глубинах до 450 м, выделяется своими размерами и совершенством водолазный комплекс судна «Stena Seawell». Он предназначен для одновременной работы двух смен водолазов на разных уровнях глубины при строительстве и обслуживании морских нефтегазодобывающих платформ. ГВК состоит из трех барокамер, двух водолазных колоколов (ВК), трех приемно-выходных отсеков для двух ВК и гипербарического спасательного бота (ГСБ). Барокамеры разделены шлюзовыми переборками на приемно-выходной и жилые отсеки. Последние, в свою очередь, разделены на спальную зону и зону для приема пищи и отдыха, оборудованы медицинским шлюзом и санитарно-бытовой выгородкой. Приемно-выходные отсеки снабжены устройствами для присоединения ВК и ГСБ.

Один из ВК спускается по направляющим канатам на грузовом тросе, второй — самоходный — кроме грузового троса имеет собственную движительную и балластную системы. Каждый ВК может быть присоединен к любому из двух приемно-выходных отсеков и спускаться через свою шахту собственным спускоподъемным устройством.

Размеры шахт 4 х 4 м, а расстояние между ними (от центра до центра) — 18 м. Кроме этого на судне предусмотрена рабочая шахта размерами 7 х 5 м для спуска оборудования, инструмента, приспособлений, а также подводных дистанционно управляемых аппаратов поддержки и спасения водолазов.

Самоходный ВК способен маневрировать в горизонтальной плоскости в радиусе до 400 м от судна с помощью своего движительного комплекса, балластной системы, навигационных и гидролокационных средств. Он может управляться как из ВК, так и дистанционно с судна. На ВК установлены шесть подруливающих устройств и грейферный захват, которые приводятся в действие от двух гидронасосов с приводами мощностью по 35 кВт каждый. Балластная система колокола состоит из двух прочных цистерн, которые могут заполняться морской водой или продуваться воздухом от двух независимых систем.

ГВК оборудован системами приготовления дыхательных газовых смесей (ДГС), очистки и кондиционирования ДГС в барокамерах и колоколах, водообогрева колоколов и водолазов, утилизации ДГС, установкой выделения из утилизированных ДГС чистого гелия.

ГСБ на 18 чел. предназначен для спасения водолазов, находящихся под давлением, в случае пожара или аварийного затопления судна. Предусмотрена возможность установки четвертой барокамеры на 6 чел. и второго ГСБ.

Рабочий цикл выполнения водолазных работ методом ДП на глубинах до 450 м состоит из компрессии водолазов в барокамерах, работы их на грунте и декомпрессии по окончании работ (рис. 2). Компрессия водолазов в барокамерах, как правило, осуществляется в течение 2—4 сут. Уменьшение времени декомпрессии может привести к снижению работоспособности водолазов и потребует дополнительного времени для восстановления их самочувствия.

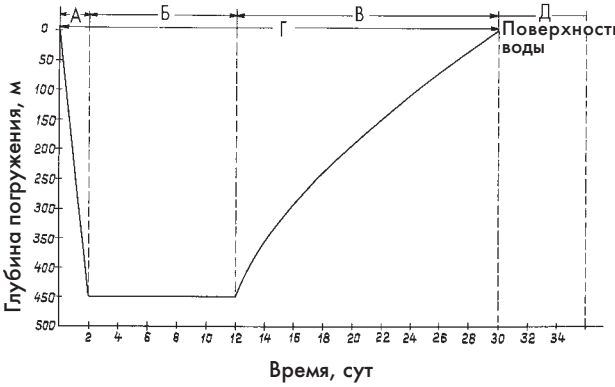



Рис. 2. **График выполнения водолазных работ методом длительного пребывания под давлением на глубине 450 м:**
*А* — компрессия — 2 сут; *Б* — работа на грунте — 10 сут; *В* — декомпрессия — 18 сут; *Г* — время пребывания водолазов под давлением — 30 сут; *Д* — подготовка ГВК к работе

Максимальное время непрерывной работы водолазов на грунте по требованиям национальных стандартов различных стран составляет от 4 до 8 ч/сут. Длительность работы команды водолазов на грунте, как правило, не превышает 10 сут, при этом время декомпрессии составляет около 18 сут. Количество водолазов, участвующих в одном спуске в колоколе, — 3 чел. (один работает, другой обеспечивает его работу, третий — оператор колокола).

В ряде случаев подводные работы должны быть выполнены в кратчайшие сроки (при спасении экипажа затонувшей ПЛ, аварии подводного оборудования). В этих случаях спуски водолазов проводятся непрерывно. Для обеспечения круглосуточных водолазных работ на грунте (в течение 24 ч) требуется 12 водолазов (четыре смены по 3 чел. при работе на грунте по 6 ч в сутки).

Для организации круглосуточных работ в составе ГВК, как минимум, должны быть предусмотрены: один ВК на 3 чел., жилые барокамеры на 12 спальных мест, один ГСБ на 12 чел., два приемно-выходных отсека (для ВК и ГСБ) и их системы жизнеобеспечения.

При выполнении больших объемов водолазных работ (строительство и обслуживание нефтегазодобывающих платформ, проведение судоподъемных операций) длительность водолазных работ может значительно возрасти и тогда возникнет необходимость замены части водолазов в барокамерах. Это может быть вызвано не только их усталостью или болезнью, но и изменением технологии подводных работ, потребностью в водолазах других специальностей (сварщиках, монтажниках и др.).

Для возможности замены 50% водолазов в барокамерах потребуется еще одна барокамера на 6 чел., а ГСБ должен обеспечивать размещение 18 чел.

При необходимости выполнять водолазные работы одновременно на двух уровнях глубины требуется установка в ГВК еще одного ВК и одного ГСБ. В этом случае второй ВК используется и как средство спасения водолазов в аварийных ситуациях.

Исходя из того, что в одном водолазном спуске участвуют три водолаза, количество спальных мест в барокамерах должно быть кратно трем.

Из множества барокамер (на 2, 4, 6, 8 чел.), выпускаемых зарубежными фирмами, ГВК для выполнения работ на глубинах до 450 м, как правило, комплектуется жилыми барокамерами на 6 спальных мест, совмещенными с приемно-выходным отсеком для присоединения ВК или ГСБ. Это обусловлено стремлением создать компактную барокамеру для размещения в ней оптимального количества водолазов, уменьшить количество переходных шлюзовых устройств, агрегатов ее систем жизнеобеспечения, а также обеспечить наиболее эффективную организацию водолазных спусков.

Барокамеры на 6 чел. имеют стальной цилиндрический корпус внутренним диаметром 2—2,3 м, длиной 8—8,5 м, разделенный равнопрочной переборкой на жилой и приемно-выходной отсеки.

Одним из основных элементов ГВК является водолазное снаряжение. Эргономичное и удобное снаряжение — гарантия успешной работы водолаза под водой.

Ведущие зарубежные фирмы с целью снижения сопротивления дыханию, уменьшения массогабаритных характеристик дыхательного аппарата исключили из него систему очистки ДГС от диоксида углерода и поддержания в ней парциального давления кислорода (систему регенерации ДГС) и размещают ее в ВК или на судне — носителе ГВК.

Водолазное снаряжения МК-14 (США) с размещением системы реге-

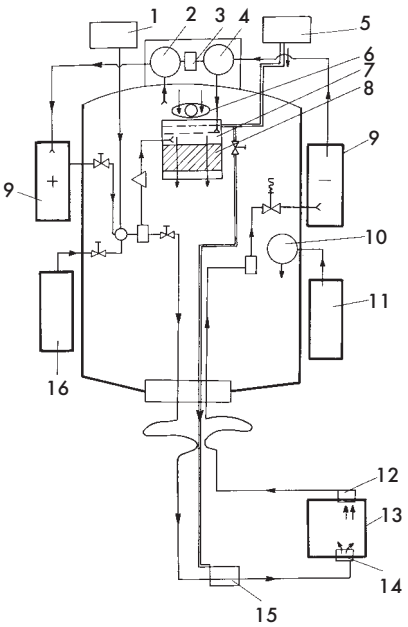



Рис. 3. **Принципиальная схема снаряжения с системой регенерации дыхательной газовой смеси, размещаемой в водолазном колоколе:**
*1* — ввод ДГС по КШС в колокол; *2, 4* — компрессоры всасывающий и нагнетательный; *3* — электропривод компрессоров; *5* — ввод в колокол по КШС горячей воды; *6* — вентилятор; *7* — подогреватель ДГС горячей водой; *8* — поглотитель диоксида углерода; *9* — ресиверы низкого и высокого давления; *10* — баллон кислородный дозирующий; *11* — баллон с запасом кислорода; *12* — регулятор отсоса ДГС; *13* — шлем; *14* — клапан подачи ДГС в шлем; *15* — гидрокостюм водообогреваемый; *16* — баллоны с аварийным запасом ДГС

нерации ДГС в колоколе (рис. 3) состоит из объемного шлема *13* с клапаном подачи ДГС *14* и регулятором отвода ее на регенерацию *12*. Все остальное оборудование, обеспечивающее циркуляцию, очистку и обогащение ДГС кислородом, размещено в колоколе. Компрессор *2* засасывает ДГС из объема колокола и подает ее в ресивер высокого давления *9*, в котором поддерживается постоянное повышенное давление по отношению к давлению воды на глубине погружения водолаза. Из ресивера ДГС через распределитель подается в шлем водолаза *13*, в котором поддерживается давление выше наружного при помощи регулятора отвода ДГС *12*. Из шлема *13* выдыхаемая водолазом ДГС по шлангу поступает в ресивер низкого давления. Компрессор *4* засасывает ДГС из ресивера низкого давления, поддерживая в нем постоянное пониженное давление по отношению к давлению воды, и подает ее через водоподогреватель *7* и поглотитель диоксида углерода *8* в объем колокола.

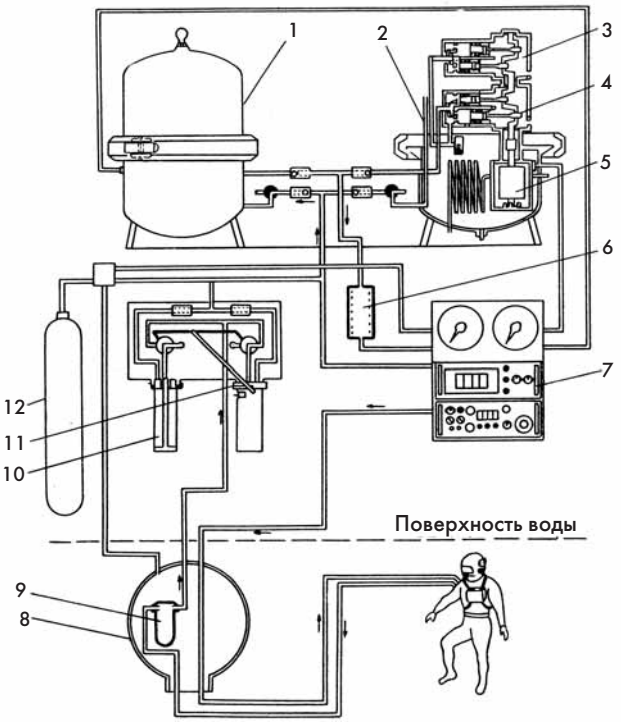



Рис. 4. **Принципиальная схема снаряжения с системой регенерации, размещаемой на судне:**
*1, 2* — ресиверы низкого и высокого давления; *3, 4* — компрессоры; *5* — электропривод компрессоров; *6* — фильтр; *7* — пульт управления; *8* — колокол; *9* — водоотделитель; *10* — фильтр поглощения диоксида углерода; *11* — устройство переключения фильтров; *12* — баллоны с аварийным запасом ДГС

Регулирование парциального давления кислорода в ВК осуществляется вручную или автоматически из баллона с запасом кислорода *11* через мерный малолитражный баллон *10*. В случае остановки компрессоров *2* и *4* ДГС водолазам подается из баллонов аварийного запаса *16*.

Преимущество снаряжения МК-14 состоит в упрощении оборудования, носимого водолазом. Кроме того, это снаряжение более надежно — его работу контролирует оператор, находящийся в колоколе. До минимума снижено сопротивление дыханию водолаза, улучшена разборчивость его речи, так как нет загубника и полумаски. Основной недостаток снаряжения МК-14 — зависимость состава ДГС, подаваемой на дыхание водолазу, от качества ДГС в колоколе. В случае остановки вентилятора *6*, от которого зависит перемешивание ДГС в объеме колокола и степень поглощения диоксида углерода в блоке очистки *8*, на дыхание водолазам может подаваться некондиционная ДГС.

При размещении системы регенерации ДГС на борту судна (рис. 4) ДГС поступает в шлем водолаза с пульта управления *7*. Режим работы замкнутой системы дыхания устанавливается автоматически в зависимости от давления окружающей среды в месте нахождения водолаза, которое может быть до 9 м выше и до 30 м ниже колокола *8*. При погружении колокола с открытой крышкой люка давление в нем повышается, а вслед за ним автоматически повышается и давление в замкнутой системе дыхания, так чтобы давление в ней было на 0,35—1,0 бар выше, чем давление в колоколе. В случае утечки или прекращения подачи ДГС замкнутая система дыхания автоматически переключается на подачу ДГС из баллонов аварийного запаса *12*. Поддержание заданного парциального давления кислорода в системе осуществляется автоматически газоанализирующим устройством с индикацией на пульте управления системой.

ДГС, выдыхаемая водолазом, проходит через влагоотделитель *9*, один из двух быстросъемных фильтров поглощения диоксида углерода *10* с датчиками газоанализатора на диоксид углерода и поступает в резервуар низкого давления *2*, в котором размещены всасывающий *3* и нагнетательный *4* компрессоры. Для обеспечения дыхания двух водолазов достаточно одного компрессора, другой компрессор — резервный.

Невозвратные и разъединительные клапаны на всасывающем и нагнетательном трубопроводах позволяют отключать любой из компрессоров, пока работает другой. ДГС, выходящая из резервуара высокого давления *1*, проходит через расходомер, который отслеживает расход ДГС в системе и приводит в действие переключатель, автоматически включающий другой компрессор, если расход в системе снизился до предельного уровня.

Работа водолазного снаряжения с замкнутой системой дыхания и размещением системы регенерации на борту судна в значительной степени зависит от потерь давления ДГС в шлангах подачи и отвода, входящих в состав кабельно-шланговой связки (КШС) колокола. Основные характеристики комплектующих изделий такого водолазного снаряжения: длина КШС ВК 457 м, внутренний диаметр шлангов ВК 24,5 или 19 мм, длина КШС водолазного снаряжения 30 м, внутренний диаметр шлангов подачи ДГС 12,7 мм, отвода ДГС 15,9 мм, время работы фильтра очистки ДГС от диоксида углерода 9 ч, потребляемая энергия — номинальный ток 12 А, пусковой ток 94 А, подача компрессора 190—220 л/мин, давление на выходе из компрессора 7—7,6 бар, расход ДГС в водолазном шлеме 133—206 л/мин.

Более предпочтительно применение в КШС шлангов внутренним диаметром 24,5 мм, так как расход ДГС в водолазном шлеме может достигать 90 л/мин при максимальном давлении в системе.

Размещение регенеративной системы водолазного снаряжения с

замкнутой системой дыхания на борту судна, по сравнению с размещением ее в колоколе, имеет ряд преимуществ: снижается мощность электроэнергии, передаваемой в ВК по КШС; уменьшаются объем и масса оборудования, устанавливаемого в ВК; устраняется шум от электрокомпрессоров в ВК; возможен ремонт одного из компрессоров и замена одного из фильтров во время работы системы; подача ДГС водолазам контролируется руководителем водолазных работ.

В состав снаряжения водолаза входят: водолазный шлем с системой возврата выдыхаемой газовой смеси на судно для регенерации; резервный дыхательный аппарат с полузамкнутой системой дыхания; водообогреваемый гидрокомбинезон, внутренний защитный гидрокомбинезон, перчатки и боты.

Для водолазных работ на больших глубинах в ВМС США и ряда других стран используется снаряжение со шлемом Superlite-17C (рис. 5). Дыхание водолаза в этом шлеме осуществляется через легочный автомат, что значительно снижает расход газовой смеси; наличие лицевого обтюратора улучшает условия дыхания, снижает шум и, как следствие, повышает качество телефонной связи; конструкция шейного замка позволяет водолазу надевать (снимать) шлем без посторонней помощи; жесткий шлем защищает голову водолаза от ударов.

Шлем состоит из двух частей: шейного кольца с обтюратором и собственно шлема. Водолаз надевает шейное кольцо, а затем, надев шлем, стыкует их с помощью быстроразъемного хомута, который не только обеспечивает герметичность соединения, но и предотвращает случайное отстегивание шлема от кольца. Водолаз может регулировать положение опоры подбородка и шейного уплотнения, что обеспечивает комфортное прилегание шлема к голове.

На базе шлема Superlite-17C фирмой Divex (Великобритания) создан шлем UltraFlow, в котором установлен сбалансированный дыхательный автомат UltraFlow501, обеспечивающий подачу газовой смеси для дыхания в соответствии с требованиями стандартов по показателям дыхания на глубинах до 450 м. Он надежно работает при колебаниях

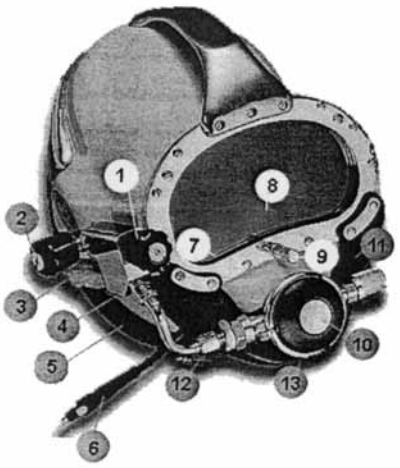



Рис. 5. **Водолазный шлем Superlite-17C:**
*1* — вентиль основной подачи ДГС в шлем по шлангу; *2* — вентиль подачи ДГС из резервного дыхательного аппарата; *3* — невозвратный клапан для предотвращения падения давления в шлеме в случае прекращения подачи ДГС по шлангу; *4* — резьбовое гнездо для присоединения шланга поддува гидрокомбинезона; *5* — шейное кольцо с замком для крепления шлема на голове водолаза; *6* — герморазъем для подключения телефонного кабеля; *7* — смотровой иллюминатор из высокопрочного поликарбоната; *8* — ротоносовая маска, обеспечивающая малую концентрацию диоксида углерода в ее полости; *9* — носовой зажим для выравнивания давления в среднем ухе; *10* — дыхательный автомат; *11* — дефлектор для отвода выдыхаемого газа от смотрового иллюминатора; *12* — замок для фиксации шейного зажима; *13* — клапан для слива воды из шлема

давления в шланге подачи газовой смеси и при увеличении сопротивления дыханию на больших глубинах. Для отвода выдыхаемой газовой смеси на судно в систему регенерации используется двухступенчатый регулятор UltraJewel-601.

Блок дыхательного автомата UltraFlow501 и регулятора отвода UltraJewel-601 обеспечивает легочную вентиляцию до 90 л/мин и надежно работает на глубинах до 450 м. Он обеспечивает дыхание водолаза даже при разности давлений в шлангах подачи и отвода газовой смеси 0,3 бар. В сочетании с системой регенерации Gasmizer экономия газовой смеси составляет 90% от объема смеси, используемой в замкнутой системе дыхания.

Снабжение ВК и водолазов газовыми смесями, горячей водой, электроэнергией и передача сигналов связи, телевидения, глубины погружения колокола и водолазов относительно ВК, параметров газовой среды в ВК осуществляются по КШС. Жесткие требования, предъявляемые к КШС — залог безопасности водолазов в воде и колоколе. Необходимо, чтобы проводники, входящие в КШС, не имели промежуточных соединений и сростков, выдерживали осевые нагрузки на разрыв, имели минимальную массу и обеспечивали герметичность. Шланги должны иметь малую теплопроводность и не выделять вредных для дыхания человека веществ. Кабели должны сохранять продольное и поперечное сопротивление изоляции.

Основные характеристики, например, КШС ДМU 0005 для ГВК-450 фирмы Cortland FIBRON: наружный диаметр 92±3,0 мм, масса в воздухе 3,88 т, вес в воде 5,1 кН, минимальный радиус изгиба 900 мм, разрывная нагрузка 59 кН, длина КШС 550 м.

В состав КШС входят: шланги для подачи ДГС в ВК, на регенерацию, на дыхание водолазам, для подачи горячей морской воды на обогрев ВК и водолазов; пять шлангов FDH04P $^{1}/_{4}$" для контроля глубины погружения ВК, водолазов относительно ВК, отбора проб ДГС из ВК на анализ; кабель управления и телевидения; силовой кабель. Состав проводников, входящих в КШС, может изменяться в зависимости от спецификационных функций водолазного снаряжения и колокола.

Использование для дыхания водолазов кислородно-гелиевой и кислородно-азотно-гелиевой смеси позволяет создать комплексы для работ на глубинах до 500 м. Однако работоспособность водолазов на предельных глубинах снижается из-за большой плотности ДГС.

В ряде стран разработаны правила сертификации водолазных комплексов, оформлены технические условия на комплектующие изделия ГВК, которые обеспечивают максимальную безопасность водолазных работ.

Кроме обеспечения жизнедеятельности водолаза на рабочей глубине, необходимо создавать технические средства телевизионного обследования и документирования, производства монтажных работ, размыва и удаления грунта, резки металла под водой. Эти средства должны быть безопасными, высокоэффективными и управляться водолазом при минимальных усилиях.

# ЗАМЕНА ЦЕНТРОБЕЖНОГО РАБОЧЕГО КОЛЕСА СВОБОДНОВИХРЕВЫМ В КОНСТРУКЦИИ ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ТУРБОНАСОСА

**Г. Д. Шекун**, канд. техн. наук (Государственный технический университет, Комсомольск-на-Амуре)

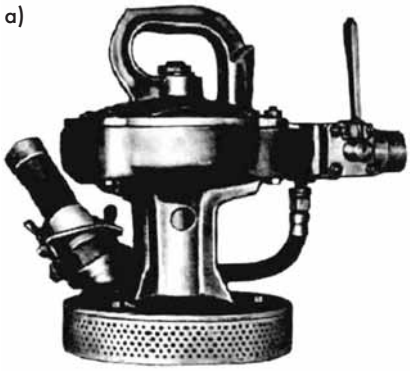
УДК 621.675

Вспомогательный турбонасос Н-1М (рис. 1), выпуск которого освоен отечественной промышленностью, в частности Ясногорским машиностроительным заводом Тульской области, предназначен для осушения трюмов и отсеков, частично или полностью заполненных жидкостью, при проведении на судах ремонтных работ или в условиях чрезвычайных ситуаций. Турбина *4* — привод центробежного насоса (ЦН) *6* — приводится в действие энергией сжатого воздуха давлением 0,45—0,5 МПа. Радиальная одноступенчатая турбина *4* и крылатка насоса *6* расположены в общем корпусе *2*. Рабочий венец парциальной турбины *4* с литыми лопатками постоянного сечения установлен на стальном стакане ротора *3*. Внутри стакана размещены две подшипниковые опоры, которые зафиксированы на неподвижной оси вала *5*, закрепленного консольно в крышке корпуса *2*. Крышка выполнена за одно целое с ручкой, внутри которой предусмотрен выхлопной канал для отработанного в турбине сжатого воздуха. Рабочее колесо ЦН с улиткой расположено в нижней части корпуса *2* и закреплено на торцевой части стакана ротора *3*. На всасывающей стороне ЦН размещены раструб и сетка приемного устройства. К напорному патрубку *1* присоединяются водонапорный шланг и коммуникационный трубопровод, соединяющий напорный патрубок ЦН с диафрагмой автомата безопасности. В верхней части корпуса *2* размещен сопловой аппарат турбины *4*, который снабжен двумя профилированными сверхзвуковыми соплами.

Как показал опыт эксплуатации, в турбонасосе Н-1М минимальный ресурс имеет насосная часть. При работе в первую очередь изнашивается рабочее колесо ЦН (рис. 2), что вызывается повышенной концентрацией твердых включений в транспортируемой водяной смеси и приводит к увеличению объемных потерь, снижению напора ЦН и, как следствие, резкому уменьшению эффективности турбонасоса.

С целью совершенствования функциональных возможностей и увеличения эксплуатационного периода безаварийной работы турбонасоса Н-1М на кафедре судовых энергетических установок Государственного технического университета Комсомольска-на-Амуре разработан, экспериментально исследован свободновихревой насос (СВН), на который получено авторское свиидетельство [1]. Рабочее колесо СВН открытого типа (рис. 3) имеет шесть радиальных лопастей с наружным диаметром 105 мм, который равен диаметру колеса штатного насоса (рис. 4). Отводящий патрубок и улитка сохраняют элементы базовой

а)



б)

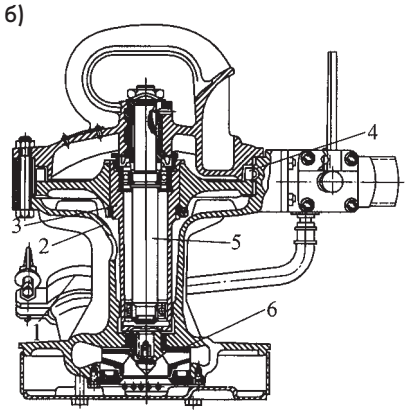
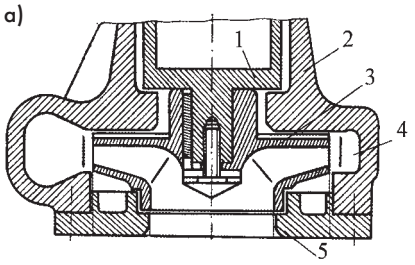



Рис. 1. **Общий вид (*а*) и продольное сечение турбонасоса (*б*):**
1 — напорный патрубок; 2 — корпус; 3 — стальной стакан ротора; 4 — турбопривод; 5 — фиксированный вал; 6 — центробежный насос

Рис. 2. **Рабочее колесо центробежного насоса**

Рис. 3. **Свободновихревое рабочее колесо**

а)




б)

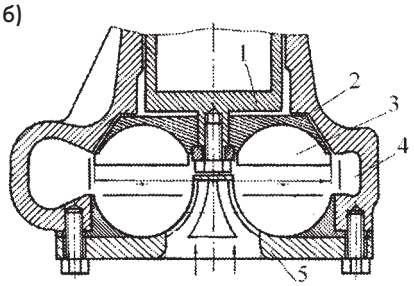



Рис. 4. **Конструктивная особенность конвертирования рабочих колёс: ЦН (*а*) и СВН (*б*):**
*1* — ротор; *2* — корпус; *3* — рабочее колесо; *4* — улитка; *5* — входной раструб

конструкции (см. рис. 1, *б* и рис. 4). Межкамерное пространство СВН образовано полусферической ограничивающей поверхностью (см. рис. 4, *б*). Замена рабочего колеса ЦН на колесо СВН осуществлена при сохранении основных конструктивных размеров гидравлической и пневматической частей турбонасоса Н-1М.

При сравнительных испытаниях базового ЦН и опытного СВН турбонасоса Н-1М на универсальном экспериментальном стенде [2], оснащенном взвешенной турбиной-приводом, напорные и КПД-характеристики насосов определялись при различных режимах по частоте вращения. Для рабочего колеса СВН частота вращения варьировалась от 460 до 967 $с^{-1}$, а для ЦН — от 460,5 до 643 $с^{-1}$ при числах Рейнольдса $Re = (4{,}8...9{,}4)\cdot 10^5$.

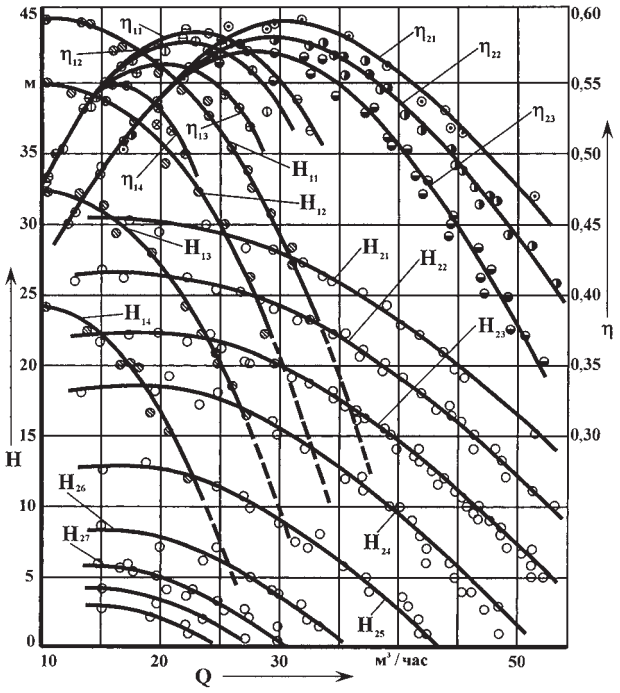



Рис. 5. **Характеристики центробежного (*1i*) и свободновихревого (*2i*) насосов при частотах вращения: $\omega_{11} = 634{,}3\ с^{-1}$; $\omega_{12} = 596{,}6\ с^{-1}$; $\omega_{13} = 533{,}8\ с^{-1}$; $\omega_{14} = 460{,}5\ с^{-1}$; $\omega_{21} = 967{,}1\ с^{-1}$; $\omega_{22} = 898\ с^{-1}$; $\omega_{23} = 837{,}3\ с^{-1}$; $\omega_{24} = 753{,}6\ с^{-1}$; $\omega_{25} = 678\ с^{-1}$; $\omega_{26} = 634{,}3\ с^{-1}$; $\omega_{27} = 596{,}6\ с^{-1}$**

Напорные характеристики СВН более пологие (рис. 5) по сравнению с характеристиками ЦН. Смещение максимального КПД в сторону относительно больших расходов подтверждает, что применение СВН эффективнее в тех случаях, когда требуется относительно больший расход с меньшим напором [3]. Кроме того, как показали разносторонние испытания, эффективность работы СВН находится в прямой зависимости от частоты вращения рабочего колеса. Достигнутая при исследовании частота $\omega = 967{,}1\ с^{-1}$ ($n = 9240$ мин$^{-1}$) показала, что для запатентованных конструкций СВН [2, 4] это не предел: $\eta = 0{,}58$ (см. рис. 5) может быть и выше. Ограничение по частоте вращения вызвано требованиями безопасности работы турбинного диска экспериментального стенда. Несмотря на отмеченные ограничения, полученные опытные результаты позволяют утверждать, что для рассматриваемой конструкции СВН наиболее приемлем турбопривод. Как известно, массогабаритные показатели турбины с увеличением частоты вращения уменьшаются, а экономичность возрастает [5]. Таким образом, в сочетании с высокооборотным турбоприводом вполне возможно создание серии качественно новых турбонасосов и турбонасосных агрегатов с повышенной подачей и относительно небольшой металлоёмкостью.

**Литература**

1. Александров В. А. Панищев Н. В., Шекун Г. Д. и др. Свободновихревой насос преимущественно для перекачки жидкостей с твердыми включениями. А. с. 1839523 СССР. МКИ 5F04D13/04, ДСП от 01.08.88.
2. Шекун Г. Д. Стенд для исследования лопаточных машин//Машиностроитель. 1981. № 5.
3. Шекун Г. Д. К вопросу о гидродинамических характеристиках свободновихревого насоса//Проблемы повышения эффективности СЭУ. Межвуз. сб. Нижний Новгород: НГТУ, 1993.
4. Шекун Г. Д. Свободно вихревой насос. А. с. 1714998 СССР. МКИ 5F04D13/04. Бюл. изобр. № 7, 1992.
5. Топунов А. М. Теория судовых турбин. Л.: Судостроение, 1985.

# МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ КАЛИБРОВКИ ИЗМЕРИТЕЛЕЙ НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ В ПРОВОДЯЩИХ СРЕДАХ

**В. Г. Марков** (ФГУП ЦНИИ «Электроприбор»)

УДК 389.1

Важным этапом подготовки к процессу измерения напряженности составляющих электромагнитного поля (ЭМП), знание о которых необходимо при разработке антенных устройств, является калибровка измерителей поля.

При этом в случае калибровки измерителей напряженности ЭМП, предназначенных для работы в проводящих средах (морской воде, почве), в отличие от калибровки подобных измерителей, работающих в воздушной среде, необходимо учитывать, что напряженность ЭМП и электродинамические параметры антенны измерителей существенно зависят от параметров проводящей среды, которая может изменяться в широких пределах в зависимости от района Мирового океана или земной поверхности, а также частоты измерений. Так, для морской воды значения электрической проводимости $\sigma$ изменяются от 0,3—2,2 См/м в Балтийском море до 6—6,6 См/м в Красном море при постоянной относительной диэлектрической проницаемости $\varepsilon_{отн.} = 81$ [1]. Для влажной почвы электрическая проводимость может изменяться в пределах 0,003—0,03 См/м, а $\varepsilon_{отн.}$ в пределах 10—30 [2]. Поэтому калибровку таких измерителей необходимо проводить в той среде, в которой планируется выполнять измерения, или в среде с теми же электрическими параметрами.

Несмотря на то, что общая схема проведения калибровки измерителей в воздушной и проводящих средах одинакова, сами устройства калибровки и методики калибровки имеют ряд существенных отличий.

Устройства калибровки измерителей в проводящих средах описаны, например, в работах [3, 4], методы расчета напряженности составляющей магнитного *H* поля в устройствах калибровки — в работе [5].

В настоящей статье рассматривается составная часть актуальной задачи метрологического обеспечения измерений ЭМП в проводящих средах, а именно, построение и особенности методик калибровки измерителей поля.

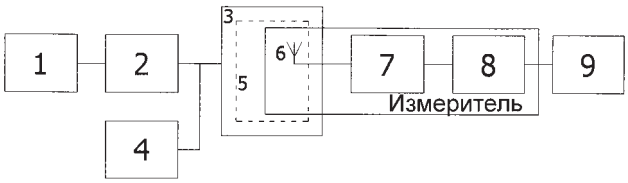



Рис. 1. **Схема калибровки измерителей напряженности ЭМП:** *1* — генератор сигналов; *2, 7* — согласующее устройство; *3* — устройство калибровки; *4* — схема контроля тока; *5* — область однородного поля; *6* — антенна измерителя; *8* — предварительный усилитель; *9* — регистратор

Калибровка измерителей (рис. 1), содержащих антенну *6*, согласующее устройство *7* и предварительный усилитель *8*, представляет собой последовательность шести основных операций:

I. Подача напряжения сигнала с генератора *1* через согласующее устройство *2* на калибровочное устройство *3*;

II. Измерение тока в цепи калибровочного устройства *3* с помощью схемы контроля тока *4*;

III. Размещение в рабочем объеме *5* калибровочного устройства антенны *6* калибруемого измерителя;

IV. Измерение напряжения сигнала, поступающего с измерителя, регистратором *9*;

V. Вычисление составляющей *E* или *H* напряженности ЭМП в рабочем объеме *5* выбранного устройства калибровки *3* по соответствующей этому устройству формуле и данным измерений тока *I* схемой *4*;

VI. Вычисление калибровочного коэффициента *K* измерителя по измеренному регистратором *9* напряжению и вычисленному значению напряженности составляющей *E* или *H* ЭМП в устройстве калибровки *3*.

При калибровке измерителей, предназначенных для работы в проводящих средах, в методики калибровки вводятся следующие три дополнительные операции, выполняемые до начала основных:

1. Приготовление модели проводящей среды с электрическими параметрами, соответствующими параметрам среды в районе планируемых измерений, выполняемое на основе предварительного расчета или эксперимента;

2. Контрольное измерение электрических параметров ($\sigma$ и $\varepsilon_{отн.}$) модели проводящей среды;

3. Размещение приготовленной модели проводящей среды в рабочем объеме калибровочного устройства.

При калибровке в диапазоне низких и средних частот, где преимущественно используются устройства, построенные на базе объемных проводников (рис. 2) или герметизированных колец Гельмгольца (рис. 3), [3], этих трех дополнительных операций достаточно для получения достоверного результата. В диапазоне высоких и очень высоких частот (до 300 МГц), где для калибровки должны применяться устройства, построенные на базе линий бегущей волны, в частности на базе камер ТЕМ-волны (рис. 4), [4], этих дополнительных операций недостаточно.

После заполнения рабочего объема калибровочного устройства проводящей средой, с целью исключения возможности появления в устройстве отраженных волн необходимо проверить качество согласования калибровочного устройства. Для этого требуется:

4. Измерить входное сопротивление устройства при коротком замыкании нагрузки ($Z_{вх.к.з.}$);

5. Измерить входное сопротивление устройства при отключенной нагрузке ($Z_{вх.х.х.}$);

6. Вычислить волновое сопротивление $Z_в$ (Ом) устройства калибровки по известной формуле

$$Z_в = \sqrt{Z_{вх.к.з.} Z_{вх.х.х.}}; \qquad (1)$$

7. Установить рассчитанное нагрузочное сопротивление $Z_н$, равное волновому сопротивлению $Z_в$ устройства;

8. Провести контрольные измерения входного сопротивления $Z_{вх}$ калибровочного устройства, которое должно быть равно волновому сопротивлению $Z_в$, и при необходимости подстроить нагрузочное сопротивление.

Рассмотрим порядок выполнения дополнительных операций 1—3.

Приготовление модели проводящей среды рассмотрим на примере водно-соляного раствора, имитирующего морскую воду. Для достижения требуемой проводимости $\sigma$ раствора при заданной температуре количество растворенной соли определяется известной формулой [6]

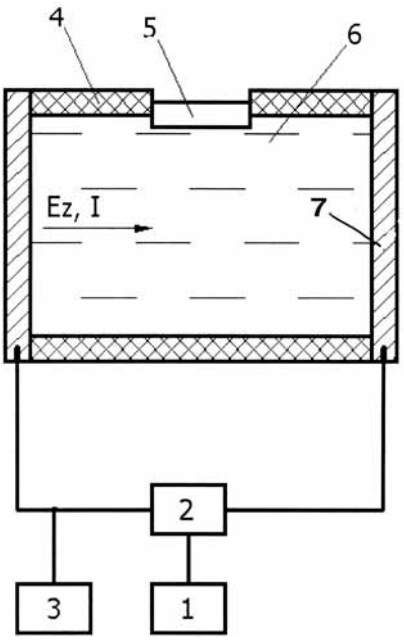



Рис. 2. **Устройство калибровки измерителей напряженности электрического поля в диапазоне низких и средних частот:** *1* — генератор сигналов; *2* — согласующее устройство; *3* — схема контроля тока; *4* — полый диэлектрический цилиндр; *5* — отверстие для ввода антенны; *6* — проводящая среда; *7* — электроды

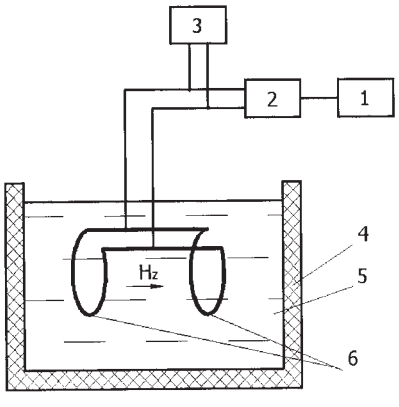



Рис. 3. **Устройство калибровки измерителей напряженности магнитного поля в диапазоне низких и средних частот:** *1* — генератор сигналов; *2* — согласующее устройство; *3* — схема контроля тока; *4* — диэлектрический бак; *5* — проводящая среда; *6* — кольца Гельмгольца

$$\sigma = 2{,}51 + (Q - 24) \times 9{,}4\times10^{-2} + 7{,}3\times10^{-2}\,(T - 7) + \\ + 0{,}22\times10^{-2}\,(Q - 24)(T - 7)\,, \qquad (2)$$

где $Q$ — количество растворенной в воде соли, г/л; $T$ — температура раствора, °С.

Согласно формуле (2) для моделирования среды с проводимостью, соответствующей средней проводимости воды в Черном море ($\sigma_{ср}$ = 3 См/м) при температуре 20 °С, потребуется 20,3 г/л соли, в Атлантическом океане ($\sigma_{ср}$ = 4 См/м) — 28,4 г/л соли, в Красном море ($\sigma_{ср}$ = 6 См/м) — 44,9 г/л соли.

Моделирование проводящих сред, соответствующих почвам, — довольно сложная и трудоемкая задача, поэтому на практике удобнее использовать образцы почвы, взятые непосредственно с места планируемых измерений.

После приготовления моделей или отбора образцов проводящих сред измеряются их электрические параметры. Электрическая проводимость жидких сред типа морской воды может быть измерена в специально разработанном для этого устройстве (рис. 5), [7]. Цилиндрический канал в корпусе *1* устройства заполняется проводящей средой *9*, затем в канал вводится подвижный электрод *5* и фиксируется опорной планкой *6*, расположенной на опорной площадке *2* корпуса *1*.

С помощью измерителя импеданса и фазы ВМ-507 (ВМ-538), подключаемого к контактным штырям *11*, измеряется сопротивление $R_{2L}$ столбика проводящей среды длиной 2*L*. Затем подвижный электрод *5* разворачивают вокруг оси на 90° и вводят в глубь канала корпуса *1* до фиксации опорной планки *6* на опорной площадке *3*. При этом часть проводящей среды *9* вытесняется через сквозной канал подвижного электрода *5* и трубки сброса *7*, *8*.

Далее измеряют сопротивление столбика проводящей среды длиной *L*. Электрическая проводимость среды рассчитывается по формуле

$$\sigma = \frac{2L - L}{S(R_{2L} - R_L)} = \frac{L}{S(R_{2L} - R_L)}\,, \qquad (3)$$

где $S$ — площадь поперечного сечения канала с проводящей средой, м$^2$.

Для почвы измерения $\sigma$ и $\sigma_{отн.}$ могут выполняться по методике, изложенной, например, в работе [8].

После определения $\sigma$ и $\sigma_{отн.}$ проводящей среды, размещения модели или образца проводящей среды в рабочем объеме калибровочного устройства, проведения операций по согласованию устройств приступают к выполнению основных операций I—VI по калибровке.

Напряженность продольного электрического поля $E_Z$ (В/м) в рабочем объеме устройства, представленного на рис. 2, вычисляют по формуле

$$E_Z = I/(\sigma S)\,, \qquad (4)$$

где $I$ — ток, А; $S$ — площадь поперечного сечения объема с проводящей средой, м$^2$.

Напряженность продольного магнитного поля $H_Z$ (А/м) в устройстве, изображенном на рис. 3, определяют по формуле

$$H_Z = 0{,}716\cdot I/\alpha\,, \qquad (5)$$

где $\alpha$ — радиус колец Гельмгольца, м.

В устройстве, показанном на рис. 4, *а*, напряженность электрического поля $E_Z$ для низких частот может быть рассчитана по формуле (4). В общем случае, в том числе для высоких и очень высоких частот, напряженность электрического поля определяется по известной формуле для напряженности продольного электрического поля в центральном проводнике коаксиального кабеля [9], в качестве которого в нашем случае выступает объем с проводящей средой:

$$E_{Z,r} = \frac{\sqrt{i}\,\omega\,\mu\,I\cdot I_0\,(\sqrt{i}\,k\,r)}{2\pi\,a\,k\,I_1\,(\sqrt{i}\,k\,a)}\,, \qquad (6)$$

где $a$ — радиус объема с проводящей средой, м; $\mu$ — магнитная проницаемость проводящей среды, Гн/м; $I_0$, $I_1$ — модифицированные функции Бесселя первого рода нулевого порядка и первого рода первого порядка; $k = \sqrt{\omega\mu\sigma}$ — волновое число; $\sigma$ — электрическая проводимость среды, См/ м; $r$ — расстояние от оси центрального проводника, м.

Поскольку диаметр 2*a* объема с проводящей средой в камере ТЕМ-волны выбирается меньше величины скин-слоя в этой среде на верхней частоте диапазона калибровки, для практических расчетов можно считать, что продольный ток в объеме с проводящей средой распределен равномерно. Учитывая также, что для исключения влияния магнитной составляющей поля антенну калибруемого измерителя располагают на оси коаксиальной камеры, где $r$ = 0, а функция $I_0(0)$ = 1, уравнение (6) принимает вид

$$E_Z = \frac{\sqrt{i}\,\omega\,\mu\,I}{2\pi\,a\,k\,I_1\,(\sqrt{i}\,k\,a)}\,. \qquad (7)$$

Напряженность продольного магнитного поля $H_Z$ в устройстве, показанном на рис. 4, *б*, в диапазоне низких частот определяется по известной формуле для соленоидов:

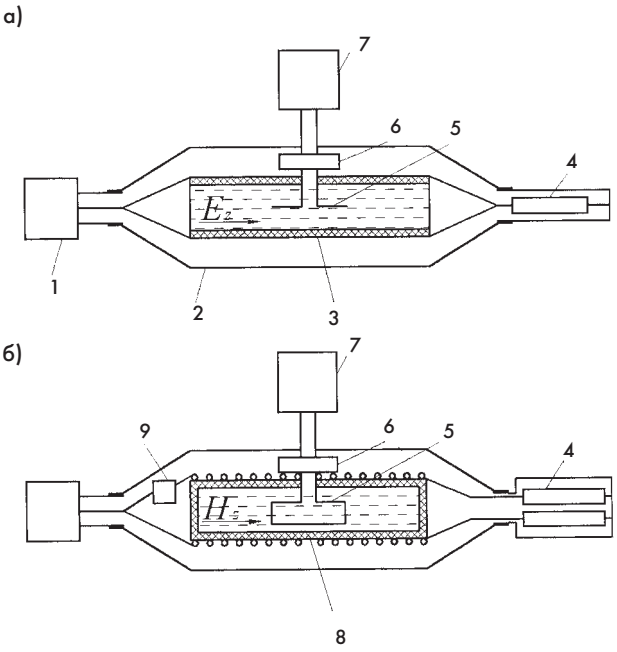



Рис. 4. **Коаксиальные камеры ТЕМ-волны для калибровки измерителей напряженности электрического (*а*) и магнитного (*б*) полей:** *1* — генератор сигналов; *2* — внешний проводник камеры; *3* — цилиндрический объем с проводящей средой; *4* — согласованная нагрузка; *5* — антенна измерителя; *6* — предварительный усилитель; *7* — регистратор; *8* — центральный проводник в виде двойной спирали; *9* — фазоинвертор

$$H_Z = \frac{2n\,I\left[1-\left(\frac{2r}{d}\right)^2\right]\cos\theta}{L\sqrt{1-\left(\frac{L}{2\pi\,r\,n}\right)^2}}, \qquad (8)$$

где $I$ — ток в спиральном проводнике, А; $n$ — количество витков в спиральном проводнике; $r$ — радиус спирального проводника, м; $d$ — диаметр внешнего проводника, м; $\theta$ — угол намотки спирального проводника; $L$ — длина спирального проводника, м.

Множитель 2 в формуле (8) появляется вследствие суперпозиции полей от двух спиральных проводников. В диапазоне высоких и очень высоких частот продольное магнитное поле в устройстве определяется по формулам, приведенным в [5].

После вычисления значений напряженности поля в устройствах и измерения напряжений $U_c$, поступающих с измерителей поля, рассчитываются калибровочные коэффициенты $K_E$ и $K_H$ измерителей по следующим формулам:

$$K_E = \frac{U_c}{E_z}; \quad K_H = \frac{U_c}{H_Z}. \qquad (9)$$

Относительная погрешность определения коэффициентов калибровки в диапазонах низких, средних и высоких частот, согласно проведенным оценкам, не превышает 20—25% и на практике определяется погрешностью применяемых стандартных измерительных приборов и степенью неоднородности поля в рабочем объеме калибровочных устройств. В диапазоне очень высоких частот (более 50—100 МГц) и для слабопроводящих сред (почва, слабосоленая вода) погрешность вследствие неоднородности поля в калибровочных устройствах возрастает и начинает играть определяющую роль.

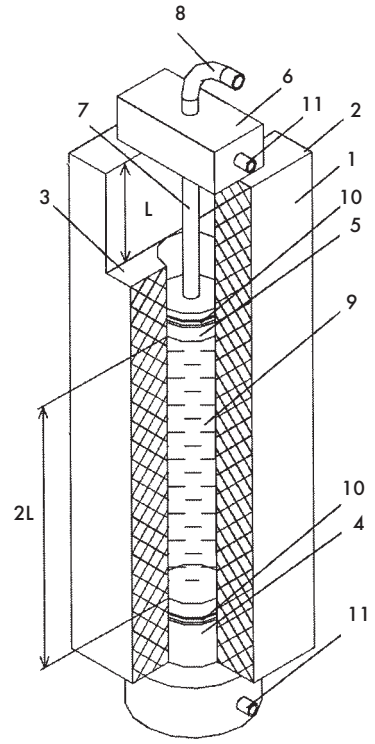



Рис. 5. **Устройство для измерения электрической проводимости жидких проводящих сред:**
*1* — диэлектрический корпус; *2, 3* — опорные площадки; *4, 5* — электроды; *6* — опорная планка; *7, 8* — трубка сброса; *9* — проводящая среда; *10* — уплотнительные кольца; *11* — контактные штыри

**Заключение.** 1. Процесс калибровки измерителей напряженности ЭМП в проводящих средах по сравнению с калибровкой измерителей в воздушной среде требует выполнения ряда дополнительных трудоемких операций по приготовлению модели проводящей среды и измерению ее электрических параметров. Поэтому точность измерений напряженности поля в проводящих средах оказывается ниже, чем в воздушной среде.

2. В области высоких и очень высоких частот или для сред с малой проводимостью (например, почва, малосоленая вода) калибровочные устройства должны дополнительно подстраиваться, например, с помощью подключения к нагрузке сосредоточенных реактивных элементов.

**Литература**

1. *Додонов А. В , Михеев А. Ф.* Подводный радиоприем М.: Военное издательство, 1996.
2. *Долуханов М. П.* Распространение радиоволн. М.: Связь, 1972.
3. *Марков В. Г. и др.* Метрологическое обеспечение измерений напряженности электромагнитного поля в проводящей среде//Судостроительная промышленность. Сер. Судовая электротехника и связь. 1991. № 16.
4. *Марков В. Г.* Широкополосные средства калибровки измерителей напряженности электромагнитного поля в проводящих средах//Судостроение. 2003. № 3.
5. *Левин Б. М., Марков В. Г.* Расчет полей в коаксиальной камере с двумя спиральными проводниками//Труды 14-го Междунар. симпозиума по ЭМС. Вроцлав, 1998.
6. *Акиндинов В. В. и др.* Электромагнитные поля в морской воде//Радиотехника. 1976. Т. XXI. Вып. 5.
7. Патент 1573405 РФ. Устройство для измерения электрической проводимости растворов электролитов/*В. Г. Марков, А. И. Земцов, В. П. Разумов.*
8. *Лавров Г. А., Князев А. С.* Приземные и подземные антенны. М.: Советское радио, 1965.
9. *Ефимов И. Е.* Радиочастотные линии передачи. М.: Советское радио, 1964.

## БЛИЦ-НОВОСТИ

✓ ОАО «Приморское морское пароходство» подписало в феврале контракт с южнокорейской верфью STX Shipbuilding на постройку пяти танкеров-продуктовозов дедвейтом 52 000 т. Суда войдут в состав флота к 2009 г.

✓ 17 февраля в ОАО «Выборгский судостроительный завод» состоялся спуск на воду частично насыщенного оборудованием 69,5-метрового корпуса судна снабжения пр. MT6009S для норвежской компании Fitjar Mekaniske Verksted AS.

✓ ОАО «Завод "Красное Сормово"» заключило контракт с ВМФ на ремонт и модернизацию подводного аппарата АС-28 типа «Приз» (пр. 1855, ЦКБ «Лазурит»). В частности, будут установлены новое радиоэлектронное оборудование, теле- и радиоаппаратура. Работы завершатся к середине 2007 г.

✓ Проект «Источники электрической и тепловой энергии на основе технологий атомного судостроения» нижегородского ФГУП «ОКБ машиностроения им. И. И. Африкантова» получил «Гран-при» шестого Московского международного салона инноваций и инвестиций.

✓ ЦКБ «Коралл» (Севастополь) разработало проектно-конструкторскую документацию стационарного морского ледостойкого отгрузочного терминала (СМЛОТ) для Варандейского нефтяного терминала. СМЛОТ строится на заводе металлоконструкций ООО «Лукойл—Калининградморнефть».

✓ 10 февраля вступил в силу контракт, который ОАО НК «Роснефть» заключило с испанской верфью Factorias Vulkano SA на постройку трех танкеров дедвейтом 27 000 т. Они предназначены в основном для круглогодичной транспортировки нефти с терминала ОАО «НК Роснефть—Архангельскнефтепродукт» (Архангельск) до рейдового перевалочного нефтехранилища «Белокаменка» (Кольский залив). Возможна также перевозка нефтепродуктов и химических грузов. Ввод в эксплуатацию судов, имеющих длину 175 м, ширину 14 м и осадку 9,2 м, намечен на 2008 г. Наблюдение за постройкой, а также дальнейшую эксплуатацию танкеров будут осуществлять специалисты дочерней компании заказчика — ЗАО «Роснефтефлот».

✓ 9 февраля служебно-разъездной катер-лаборатория пр. 12150М/Л (на базе пр. 12150 «Мангуст») заложили в ОАО СЗ «Вымпел». Заказчик — ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга».

# ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКАЯ ПЛАЗМЕННАЯ СВАРКА И НАПЛАВКА НЕПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ ИЗДЕЛИЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ И КОРРОЗИОННО-СТОЙКИХ СТАЛЕЙ

**В. Д. Горбач**, докт.техн.наук, **В. П. Бочкарев**, **В. К. Назарук**
(ФГУП ЦНИИТС)

УДК 621.791.755.037-52

Перспективным направлением повышения качества сварных соединений и производительности труда при изготовлении конструкций из алюминиевых сплавов и коррозионно-стойких сталей является полуавтоматическая плазменная сварка. Однако полуавтоматы для плазменной сварки неплавящимся электродом, которые могли бы успешно заменить ручную аргонодуговую сварку, отечественной промышленностью и за рубежом не выпускаются. В связи с этим в ФГУП ЦНИИТС разработан и изготовлен новый полуавтомат ППН-200 (рис. 1) для плазменной сварки и наплавки алюминиевых сплавов и коррозионно-стойких сталей малых толщин на постоянном токе прямой и обратной полярности.

**Основные технические характеристики опытного образца полуавтомата ППН-200**

| | |
|---|---|
| Потребляемая мощность при номинальном рабочем токе, кВ·А (не более) | 6 |
| Номинальный рабочий ток, А | 200 |
| Продолжительность включения (ПВ), % | 60 |
| Пределы регулирования тока, А | 20—200 |
| Диаметр присадочной проволоки, мм | 0,6—1,6 |
| Пределы регулирования скорости подачи присадочной проволоки, м/ч | 40—300 |
| Диаметр кассеты, мм | до 300 |
| Расход газа, л/мин: | |
| защитного | 5—10 |
| плазмообразующего | 0,1—1 |
| Масса, кг (не более): | |
| плазматрон | 0,6 |
| блок управления | 20 |
| насосная станция | 35 |
| источник питания | 22 |

Новизна полуавтомата заключается в сочетании процесса высококонцентрированного ввода теплового потока в свариваемое изделие с механизированной подачей нетоковедущей сварочной проволоки и эффективной очистки поверхности металла от окисной пленки в процессе сварки и наплавки, а также в новом принципе возбуждения сварочной дуги между электродом и изделием. Это позволяет повысить качество сварных соединений, увеличить производительность труда в 1,5—2 раза, сократить трудоемкость изготовления сварных конструкций, расширить функциональные возможности полуавтомата, построенного по модульному принципу.

Рис. 1. **Общий вид опытного образца полуавтомата ППН-200**

В состав опытного образца полуавтомата входят следующие модули: инверторный источник сварочного тока «Master-2500», плазматрон, насосная станция охлаждения плазматрона, блок управления с механизмом подачи сварочной проволоки (рис. 2), кабели и шланги подачи защитного и плазмообразующего газа и охлаждающей жидкости. Инверторный источник относится к новому поколению современного сварочного оборудования на базе микропроцессорного управления. Входящий в состав источника блок управления MEL обеспечивает работу источника на крутопадающей внешней вольтамперной характеристике, а также возможность предварительного задания сварочного тока и его регулирования во время работы источника от местного или дистанционного

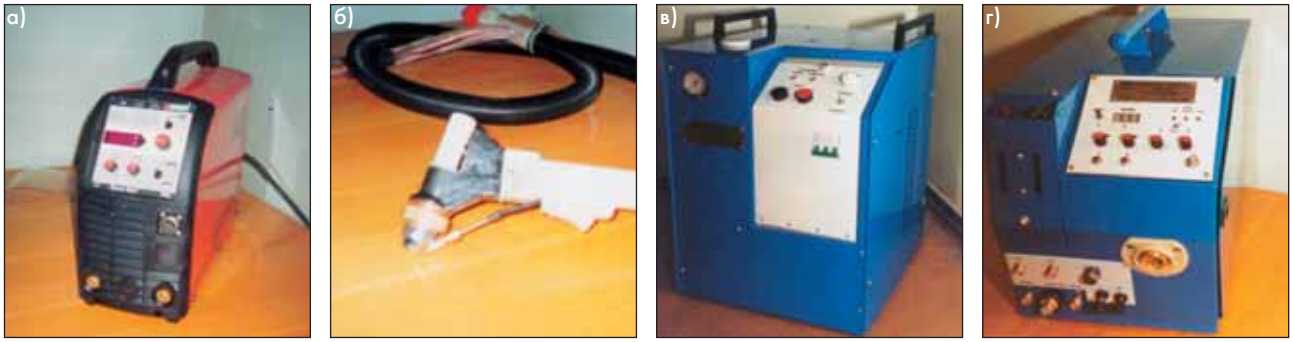



Рис. 2. **Модули полуавтомата: *а* — инверторный источник «Master 2500»; *б* — плазматрон; *в* — насосная станция охлаждения плазматрона; *г* — модуль управления с механизмом подачи сварочной проволоки**

регулятора, цифровую индикацию тока и напряжения сварки, регулировку динамики и тока возбуждения дуги. В источнике предусмотрены аварийные блокировки при перегреве и коротком замыкании сварочной цепи.

**Технические параметры источника сварочного тока «Master-2500»**

Ток сварки, А ..... от 10 до 350
Номинальный ток сварки, А ..... 250
Напряжение холостого хода, В ..... 80
КПД, % ..... 86
Коэффициент мощности ..... 0,95
Рабочая частота силового преобразователя, кГц ..... 20
Масса, кг ..... 20
Габаритные размеры, мм .. 500 x 180 x 390

По своим техническим параметрам «Master-2500» соответствует современному уровню и может быть использован при плазменной сварке и наплавке неплавящимся электродом алюминия, его сплавов и коррозионно-стойких сталей.

Модуль плазматрона рассчитан на токи от 20 до 200 А, расход плазмообразующего газа 0,1—1,0 л/мин, защитного — 5—10 л/мин. Масса плазматрона 0,6 кг.

Надежность системы охлаждения плазматрона повышена за счет усовершенствования гидравлической схемы насосной станции и распределения потоков жидкости, отводимых от анода и сопла плазматрона раздельно на два радиатора охлаждения. После прохождения через радиаторы вода из каждого радиатора поступает на реле контроля протока для анода и сопла, а затем сбрасывается в бак-накопитель. Новая схема позволила существенно увеличить быстродействие работы системы контроля протока воды через плазматрон, а следовательно, повысить надежность работы насосной станции.

Увеличение срока службы плазмообразующего сопла плазматрона обеспечено путем изменения конструкции торцевой части, при этом существенно снизились его термическое сопротивление и нагрев. Стойкость защитного сопла увеличена в результате изменения конструкции крепления сопла к корпусу (улучшен контакт сопла с охлаждаемым корпусом).

Модуль плазматрона оснастили сменными электродами для сварки на прямой и обратной полярности. Для прямой полярности применяется вольфрамовая вставка, а для обратной — медь особой чистоты. В целях снижения массы и сокращения трудоемкости изготовления корпус плазматрона изготовлен из составных частей (капролон плюс тонкостенный алюминиевый корпус) взамен цельной заливки полиуретаном. Есть комплект плазмообразующего и защитного сопел для сварки стыковых и тавровых соединений толщиной от 1,5 до 6 мм. В целях повышения стойкости защитного сопла и исключения двойного дугообразования при сварке тавровых соединений защитное сопло покрыто жаростойкой силикатной эмалью.

При создании модуля блока управления обеспечено расширение функциональных возможностей полуавтомата, удобство работы с блоком управления, повышение технологичности конструкции. Функциональные возможности полуавтомата расширены за счет возбуждения малоамперной дуги между электродом и изделием и последующего нарастания тока дуги до рабочего значения. Это обеспечило повышение надежности и увеличение срока службы плазматрона, возможность предварительного задания параметров сварки и их цифровой индикации, независимого регулирования времени снижения тока и скорости подачи проволоки при заварке кратера.

Модуль блока управления имеет следующие конструктивные особенности: рабочее положение кассеты с проволокой принято вертикальным; печатные платы также расположены в вертикальной плоскости, а для удобства обслуживания к ним предусмотрен свободный доступ; плата цифровой индикации

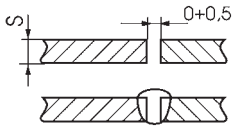
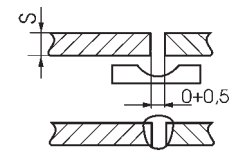
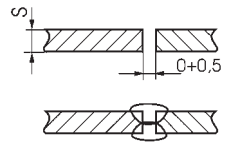
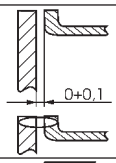
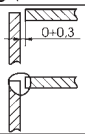
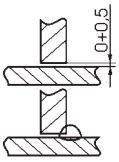
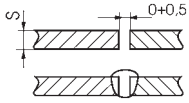
Таблица 1

**Результаты испытаний сварных образцов из сплава марки АМг-61, выполненных полуавтоматом**

| Толщина металла, мм | Предел прочности σ, МПа | | $\sigma_{сс}/\sigma_{ом}$ (среднее значение) | Место разрушения сварного соединения |
|---|---|---|---|---|
| | Основной металл, $\sigma_{ом}$ | Сварное соединение, $\sigma_{сс}$ | | |
| 3 | 359 | 353 | 1,0 | Основной металл |
| | 353 | 357 | | |
| | 351 | 356 | | |
| | | 338 | 0,9 | Зона термического влияния |
| | | 304 | | |
| | | 288 | | Шов |
| 5 | 353 | 313 | 0,94 | Зона термического влияния |
| | 356 | 344 | | |
| | 357 | 348 | | |

Таблица 2

**Конструктивные элементы сварных соединений из алюминиевых сплавов и режимы плазменной сварки**

| Условное обозначение шва | Подготовка кромок свариваемых деталей и форма шва | Толщина, мм | Ток, А | Диаметр присадочной проволоки, мм | Скорость подачи проволоки, м/ч | Диаметр плазмообразующего сопла, мм | Расход аргона, л/мин | | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | Плазма | Защита | |
| С2 |  | 1,5 | 35—40 | 0,8 | 120—150 | 1,8—2,0 | 0,3—0,4 | 5—6 | Удаление выпуклости обратной стороны шва в соответствии с ОСТ5.9153 |
| | | 2 | 45—50 | | 130—160 | | | | |
| | | 3 | 60—70 | | 150—180 | 2,0—2,5 | 0,4—0,6 | | |
| | | 5 | 100—120 | 1,0—1,2 | 170—200 | 2,5—3,0 | 0,5—0,7 | 6—8 | |
| | | 6 | 150—170 | | 200—230 | 3,0—4,0 | 0,5—0,8 | 8—10 | |
| С4 |  | 1,5 | 37-42 | 0,8 | 120—150 | 1,8—2,0 | 0,3-0,4 | 5—6 | Для термически неупрочняемых сплавов допускается расплавление сварочной дугой выпуклости обратной стороны шва |
| | | 2 | 50—55 | | 130—160 | | | | |
| | | 3 | 65—75 | | 150—180 | 2,0—2,5 | 0,4—0,6 | | |
| | | 5 | 110—130 | 1,0—1,2 | 170—200 | 2,5—3,0 | 0,5—0,7 | 6—8 | |
| | | 6 | 160—190 | | 200—230 | 3,0—4,0 | 0,5—0,8 | 8—10 | |
| С7 |  | 3 | 50—60 | 0,8 | 120—140 | 2,0—2,5 | 0,4-0,6 | 5—6 | Перед наложением шва с обратной стороны необходимо удалить корень шва первого прохода по ОСТ5.9153 |
| | | 5 | 90—110 | 1,0—1,2 | 130—160 | 2,5—3,0 | 0,5—0,7 | 6—8 | |
| | | 6 | 140—160 | | 150—180 | 3,0—4,0 | 0,5—0,8 | 8—10 | |
| У1 |  | 2 | 35—40 | 0,8 | 100-120 | 1,8—2,0 | 0,3—0,4 | 5—6 | — |
| У4 |  | 3 | 50—60 | 0,8 | 110—130 | 2,0—2,5 | 0,4—0,6 | 8—10 | — |
| | | 5 | 70—90 | 1,0—1,2 | 120—140 | 2,5—3,0 | 0,5—0,7 | 10—12 | |
| | | 6 | 80—100 | | 140—160 | 3,0—4,0 | 0,5—0,8 | | |
| Т1 |  | 1,5 | 45—50 | 0,8 | 240—300 | 1,8—2,0 | 0,3—0,4 | 5—6 | — |
| | | 2 | 55—60 | | 240—300 | | | | |
| | | 3 | 70—80 | 0,8—1,0 | 240—300 | 2,0—2,5 | 0,4—0,6 | 6—8 | |
| | | 5 | 110—130 | 1,0—1,2 | 200—240 | 2,5—3,0 | 0,4—0,6 | 6—8 | |
| | | 6 | 130—150 | 1,2 | 200—240 | 3,0—4,0 | 0,5—0,8 | 8—10 | |
| С2 |  | 1,5 | 70—90 | 0,6 | 200—250 | 1,8—2,5 | 0,3—0,5 | 6—8 | — |
| | | 2 | 80—100 | | 220—300 | 2,0—3,0 | 0,4—0,6 | | |
| | | 3 | 120—140 | 0,6—0,8 | | 3,5—4,0 | 0,6—0,8 | 8—10 | |

размещена на лицевой панели; силовой токоподвод, шланги подачи воды и газа, трансформаторы питания и выходной трансформатор осциллятора размещены в нижней части блока управления; для удобства перемещения блока предусмотрена удлиненная (до 250 мм) ручка.

В качестве механизма подачи присадочной проволоки для опытного образца полуавтомата выбран серийный механизм SL-K250 KMAT 18/25 фирмы KEMPPI. Он предназначен для подачи стальной и алюминиевой проволоки со скоростью до 18 м/мин. Масса механизма вместе с двигателем составила около 2,5 кг. Понижающий редуктор выполнен на базе капроновых шестерен и практически бесшумен в работе. Механизм подачи поставляется совместно с евроразъемом сварочной горелки.

При изготовлении модуля насосной станции охлаждения плазматрона:

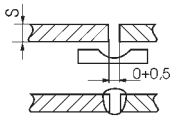
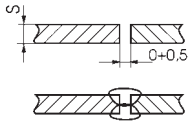
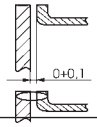
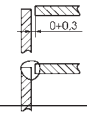
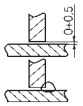
с целью соблюдения техники безопасности электроаппаратура сгруппирована в отдельный герметичный блок, который имеет сальники для выхода проводов, удобен в обслуживании;

обеспечение стабильной работы гидравлической системы охлаждения плазматрона достигается использованием серийных датчиков протока, отличающихся высоким быстродействием при срабатывании системы аварийной блокировки работы насосной станции;

для уменьшения шума работы насосной станции в ее схему управления введена блокировка включения вентиляторов обдува радиаторов охлаждения при нагреве охлаждаю-

Таблица 3

**Корректируемые элементы сварных соединений из коррозионно-стойкой стали и режимы плазменной сварки**

| Условное обозначение шва | Подготовка кромок свариваемых деталей и форма шва | Толщина, мм | Ток, А | Диаметр присадочной проволоки, мм | Скорость подачи проволоки, м/ч | Диаметр плазмообразующего сопла, мм | Расход аргона, л/мин | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | Плазма | Защита |
| С4 |  | 1,5 | 80—100 | 0,6 | 200—250 | 2,0—3,0 | 0,3—0,5 | 6—8 |
| | | 2 | 90—110 | | 220—300 | | 0,4—0,8 | 8—10 |
| | | 3 | 130—150 | 0,6—0,8 | | 3,0—4,5 | 0,6—1,0 | |
| | | 4 | 160—190 | 0,8—1,0 | | | | |
| С7 |  | 4 | 140—170 | 0,6—0,8 | 200—300 | 3,0—4,0 | 0,6—1,0 | 8—10 |
| | | 6 | 160—200 | 0,8—1,2 | | 4,0—4,5 | | |
| У1 |  | 2 | 70—90 | 0,6 | 180—250 | 2,5—3,0 | 0,3—0,5 | 6—8 |
| У4 |  | 3 | 80—120 | 0,8 | 200—300 | 2,0—3,0 | 0,4—0,8 | 6—8 |
| | | 5 | 120—150 | | | 3,0—4,0 | 0,8—1,0 | 8—10 |
| | | 6 | 140—170 | | | | | |
| Т1 |  | 1,5 | 80—110 | 0,6 | 240—300 | 2,0—3,0 | 0,5—0,8 | 6—8 |
| | | 2 | 100—130 | 0,6—0,8 | | 3,0—3,5 | 0,6—1,0 | |
| | | 3 | 130—160 | | | 3,0—4,0 | | 8—10 |

щей жидкости до температуры свыше 40 °С.

При разработке технологии изготовления сварных конструкций процесс формирования рабочих режимов плазменной сварки является определяющим. Режимы сварки существенно влияют на качество и трудоемкость выпускаемой продукции. Например, одну и ту же конструкцию можно варить с разделкой кромок или без, односторонним или двухсторонним швом, с удалением проплава механическим путем и с последующей подваркой или переплавлением проплава при сварке без применения присадочной проволоки.

На режимы плазменной сварки существенно влияют применяемая технологическая оснастка, наличие ложемента и его конструкция, а также выбор схемы сварки всей конструкции. Формирование режимов сварки неплавящимся электродом при обратной полярности существенно отличается от режимов аргонодуговой сварки на переменном токе с ручной или механизированной подачей присадочной проволоки. Главными параметрами являются: сварочный ток, диаметр плазмообразующего сопла, скорость подачи присадочной проволоки и ее диаметр, расход плазмообразующего и защитного газа.

Для определения режимов плазменной сварки использовали опытный образец полуавтомата ППН-200, сборочно-сварочные приспособления, обеспечивающие сварку на подкладке из коррозионно-стойкой стали и без нее алюминиевых сплавов, меди, коррозионно-стойких сталей. Сварочные материалы применяли следующие: алюминиево-магниевый сплав марки 1561 (АМг-61) толщиной 2, 3, 5 и 6 мм, сварочную проволоку марки ОК18.22 фирмы ЭСАБ. При сварке коррозионно-стойких сталей использовали сталь марки 12Х18Н10Т и проволоку марки 04Х19Н11М3 фирмы Elga.

В качестве защитного и плазмообразующего газа использовали аргон высшего сорта по ГОСТ 10157. Сварку выполняли на образцах длиной 200 мм. По типу соединений применяли стыковые, угловые и тавровые. Сварка осуществля-

Таблица 4

**Режимы механизированной плазменной наплавки алюминиевых сплавов**

| Ток, А | Диаметр присадочной проволоки, мм | Скорость подачи проволоки, м/ч | Диаметр плазмообразующего сопла, мм | Расход аргона, л/мин | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Плазма | Защита |
| 60—75 | 0,8 | 150—200 | 3,0—3,5 | 0,5—0,8 | 6—8 |
| 90—130 | 1,0—1,2 | 180—250 | 4,0—4,5 | | 8—10 |
| 120—180 | 1,2—1,4 | 200—300 | 4,5—5,0 | 0,8—1,0 | |

Таблица 5

**Режимы механизированной плазменной наплавки коррозионно-стойких сталей**

| Ток, А | Диаметр присадочной проволоки, мм | Скорость подачи проволоки, м/ч | Диаметр плазмообразующего сопла, мм | Расход аргона, л/мин | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Плазма | Защита |
| 80—120 | 0,6—0,8 | 150—180 | 3,0—3,5 | 0,5—0,8 | 6—8 |
| 120—160 | 0,8 | 170—220 | 4,0—4,5 | | 8—10 |
| 150—200 | 0,8—1,0 | 200—260 | 4,5—5,0 | 0,8—1,0 | |

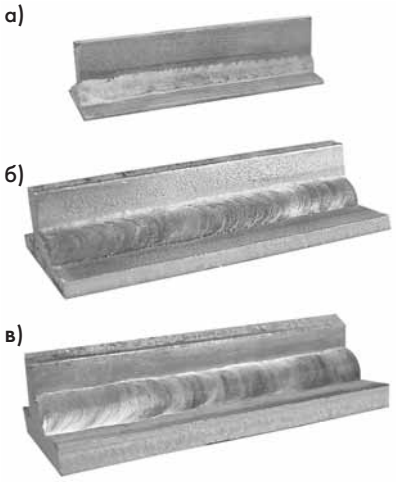



Рис. 3. **Внешний вид сварных тавровых соединений из сплава АМг-61 толщиной: *а* — (1,5+1,5) мм; *б* — (3+3) мм; *в* — (5+5) мм**

лась углом вперед или назад при сварке стыковых соединений и углом назад при сварке тавровых и угловых соединений. Плазматрон охлаждался автономно (общий расход воды 3—3,2 л/мин). Сварку образцов толщиной от 1,5 до 6 мм проводили при силе сварочного тока 35—200 А, скорости подачи проволоки 100—300 м/ч, диаметре плазмообразующего сопла 2,8—5 мм, расходе плазмообразующего газа 0,3—1,0 л/мин, защитного газа 5—10 л/мин. Сварку образцов из алюминиевого сплава выполняли на обратной полярности, коррозионно-стойкой стали — на прямой. Качество сварных соединений проверяли внешним осмотром (измеряли размеры сечения шва, определяли качество защиты шва от окисления и деформации образца), применением радиографического и металлографического контроля, проведением механических испытаний на растяжение и изгиб (табл. 1).

Данные испытаний показывают, что стыковые соединения из сплава АМг-61 удовлетворяют требованиям ОСТ5Р.9153, предел прочности сварных соединений составляет 0,90—0,97 предела прочности основного металла. При испытании на изгиб все образцы с качественным проваром корня шва имели угол загиба 180°.

Конструктивные элементы сварных соединений и режимы плазменной механизированной сварки неплавящимся электродом приведены в табл. 2, 3.

Рабочие режимы плазменной наплавки отрабатывались на плоских образцах, причем на обратной полярности для всех материалов. Параметры плазменной наплавки не отличаются от плазменной сварки, но их значения имеют отличия. Плазменная наплавка выполняется дугой с меньшей плотностью тока, что позволяет проводить наплавку при минимальном перемешивании наплавленного материала с основным металлом. В целях уменьшения плотности тока применяли плазмообразующие сопла с большим диаметром центрального отверстия, чем при сварке.

При наплавке образец нагревается до более высоких температур, чем при сварке, в связи со значительным увеличением наплавленного материала на единицу площади. Чтобы не допустить окисления поверхности предыдущего наплавленного валика, увеличивали расход защитного газа или применяли дополнительный обдув защитным газом в зависимости от конфигурации образца (изделия). Кроме того, процесс наплавки на обратной полярности позволяет очищать поверхность предыдущего валика от окисления за счет разрушения окисной пленки отрицательно заряженными частицами. Такая очистка обеспечивает высокую смачиваемость наплавленного материала и в случае перекрытия наплавляемых валиков до 30% получается поверхность без «западания» между швами.

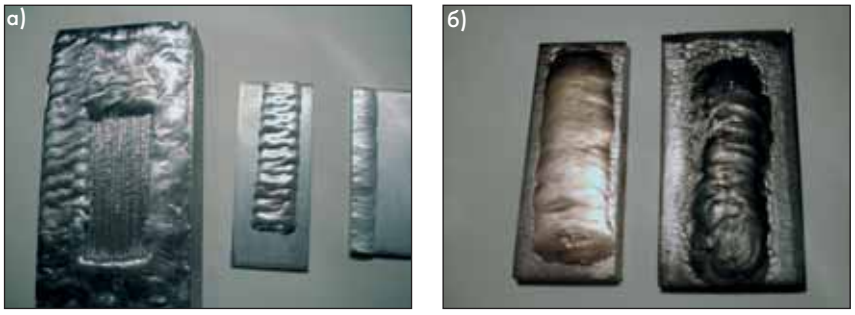



Рис. 4. **Образцы механизированной плазменной наплавки: *а* — сплава АМг-61; *б* — стали 12Х18Н10Т**

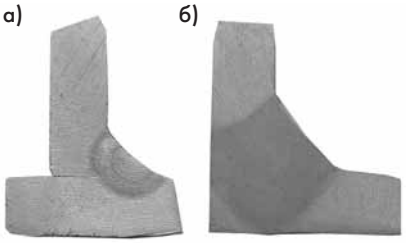



Рис. 5. **Макрошлифы тавровых соединений с конструктивным непроваром (*а*) и сквозным проплавлением (*б*), материал АМг-61 толщиной 5 мм**

Рабочие режимы (табл. 4, 5) отрабатывали по следующей схеме. Первоначально выбирали сварочный ток в зависимости от толщины и конфигурации изделия, а затем для данного тока устанавливали остальные параметры. Образцы, выполняемые механизированной плазменной сваркой и наплавкой, показаны на рис. 3—5.

**Заключение**. 1. Изготовлен полуавтомат для механизированной плазменной сварки и наплавки неплавящимся электродом на постоянном токе прямой и обратной полярности тонколистовых конструкций из алюминиевых сплавов и коррозионно-стойких сталей, позволяющий выполнять стыковые, угловые, нахлесточные и тавровые соединения во всех пространственных положениях.

2. Новизной разработанного полуавтомата является сочетание высококонцентрированного ввода теплового потока в свариваемое изделие с механизированной подачей нетоковедущей сварочной проволоки и эффективной очистки поверхности металла от окисной пленки в процессе сварки и наплавки, а также принцип возбуждения сварочной дуги между электродом и изделием. Это позволяет повысить качество сварных соединений, увеличить производительность труда, сократить трудоемкость изготовления сварных конструкций, расширить функциональные возможности полуавтомата.

3. Отработаны рабочие режимы полуавтоматической плазменной сварки и наплавки тонколистовых конструкций для стыковых, угловых и тавровых соединений, на основании которых выпущен руководящий документ РД5Р ГКЛИ 3220-070—2005 «Конструкции из алюминиевых сплавов и коррозионно-стойких сталей толщиной от 1,5 до 6 мм. Типовой технологический процесс механизированной сварки и наплавки».

# ЗАРУБЕЖНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

## ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ДИЗЕЛЬНЫЙ ПАРОМ-ТРИМАРАН

«Benchijigua Express» — крупнейший высокоскоростной паром с дизельными главными двигателями, построенный австралийской верфью Austal, имеет тримаранную форму корпуса, изготовленного из алюминиевого сплава. Судно дедвейтом 1000 т, размерениями 126,7/114,8 x 30,4 x 8,2 м и осадкой 4 м который обеспечивает работу двигателей совместно и порознь. Для повышения маневренности в портах в носовой части предусмотрены два выдвижных полноповоротных подруливающих устройства Aquamaster UL601. Судно построено на класс Germanicher Lloyd для компании Fred Olsen. Тримаранная форма корпуса выбрана с учетом условий плавания между Канарскими островами и, по данным судовладельца, она на 26% улучшает эксплуатационные качества по сравнению с традиционными паромами (*Marine Propulsion. 2005. IV/V. P. 80—81*).

Высокоскоростной паром-тримаран «Benchijigua Express» с дизельными главными двигателями и корпусом из алюминиевого сплава

рассчитано на перевозку 1350 пассажиров и 341 автомобиля между островами Канарского архипелага. Четыре дизеля MTU 20V8000 мощностью 4x8200 кВт при 1150 об/мин обеспечивают с помощью трех водометов Rolls-Royce Kamewa скорость хода 40,4 уз (достигнута на ходовых испытаниях при мощности 32 800 кВт и дедвейте 500 т). Два дизеля, работающие на бортовые водометы, снабжены редукторами Renk ASL65. Расположенный в диаметральной плоскости бустерный водомет связан с другими двумя дизелями через редуктор новой марки Renk ASL 2x80,

## РАСХОДЫ ВМС США УВЕЛИЧИВАЮТСЯ

В 2006 финансовом году на бюджетное финансирование Департамента обороны США запрошено 419,3 млрд дол. (на 5% больше, чем в 2005 фин. г.). На следующие годы запланировано дальнейшее увеличение выделяемых средств на борьбу с глобальным терроризмом, реструктуризацию вооруженных сил, новые разработки и текущие расходы: 2007 фин. г. — 443,1; 2008 г. — 462,4; 2009 г. — 482; 2010 г. — 492,1; 2011 г. — 502,3 млрд дол.

Для обеспечения ВМС запрошено 125,6 млрд дол. на 2006 фин. г., в том числе около 52 млрд — инвестиции, 36 млрд — на эксплуатационные расходы и техобслуживание, 38 млрд дол. — для военного персонала. Из этих сумм 18,1 млрд дол. направляется на исследования и разработки, включая 1,8 млрд — на науку и технологии. Флот в 2006 фин. г. включает в себя 11 авианосцев, 14 АПЛ с баллистическими ракетами, 4 АПЛ с крылатыми ракетами, 102 надводных корабля, 54 многоцелевых АПЛ, 35 десантных кораблей, 34 корабля управления, 17 тральщиков, 18 кораблей обеспечения — всего 289 ед. (на 4 больше, чем в 2005 фин. г.).

Программа финансирования ВМС США на будущие годы предусматривает: 2007 фин. г. — 129 млрд дол. (293 корабля); 2008 фин. г. — 134,6 млрд дол. (297 кораблей); 2009 фин. г. — 143,3 млрд дол.

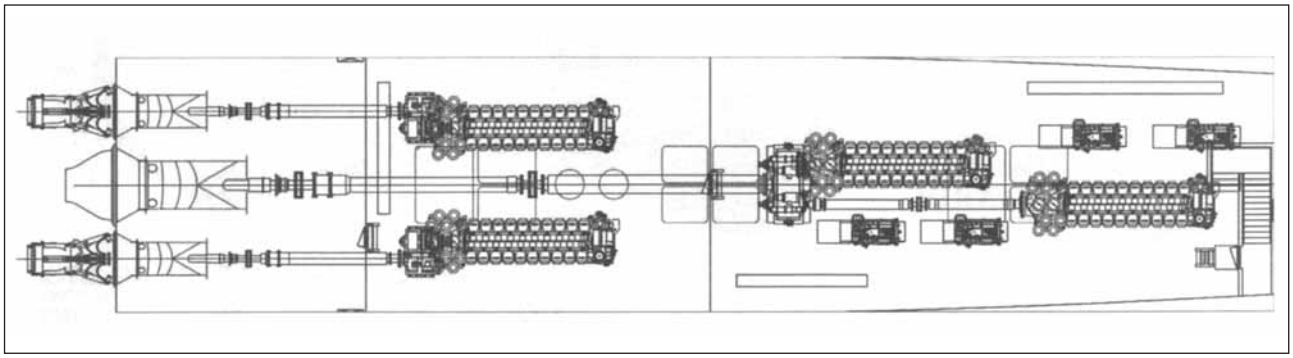


Схема расположения главных двигателей и пропульсивного комплекса парома «Benchijigua Express»

Крупнейший в мире круизный лайнер «Freedom of the Sea» валовой вместимостью 158 000 рег. т

(302 корабля); 2010 фин. г. — 147,5 млрд дол. (302 кораблей); 2011 фин. г. — 153,3 млрд дол. (305 кораблей) (*Sea Technology. 2005. V. P. 27—34*).

## ВЬЕТНАМ РАЗВИВАЕТ СУДОСТРОЕНИЕ

Vietnam Shipbuilding Industry Corporation (Vinashin), созданная в 1996 г., — одна из крупнейших государственных корпораций Вьетнама, объединяющая 82 компании, в том числе более 20 верфей. В течение 2001—2005 гг. она инвестировала около 280 млн дол. в современные технологии и увеличение доли судового оборудования, производимого во Вьетнаме, в строящихся судах. Сейчас эта доля уже достигает 40%, а поставленная задача — 60—70%. Эту задачу решает и новое производство люковых закрытий фирмы MacGREGOR, организованное на верфи Ben Kien Shipyard в Хайфоне. Если вначале корпорация выполняла в основном заказы отечественных судовладельцев, то теперь Vinashin стремится выйти на международный судостроительный рынок. По меньшей мере три верфи уже способны строить суда дедвейтом до 100 000 т и есть план создания производственных мощностей на верфи Dung Quat Shipyard для формирования судов дедвейтом до 300 000 т. А совместное предприятие с южнокорейским концерном Hyundai имеет судоремонтные мощности для судов дедвейтом до 400 000 т. Среди последних заказов корпорации Vinashin — серия из 11 балкеров дедвейтом 53 000 т для английской компании Graig Investments — крупнейших судов, когда-либо строившихся во Вьетнаме. Сумма контракта — почти 400 млн дол. Аванс в 40 млн дол. от судовладельца был получен под гарантии трех вьетнамских банков; дальнейшее финансирование будет осуществляться при поддержке вьетнамского правительственного фонда (Development Assistance Fund). Первые два судна должны быть сданы в 2006 г. Постройка ведется на верфях Ha Long Shipyard и Nam Trieu Shipyard (*MacGREGOR News. 2005. No. 152. Winter. P. 12, 13*).

## КРУПНЕЙШИЙ В МИРЕ ЛАЙНЕР

«Freedom of the Seas» — крупнейший в мире пассажирский круизный лайнер валовой вместимостью 158 000 рег. т должен отправиться в свой первый рейс в этом году. Судно, имеющее длину 339 м, ширину 39 м и вмещающее в двухместных каютах 3600 пассажиров (плюс экипаж 1400 чел.), построено на верфи Aker Finnyards в Турку по заказу компании Royal Caribbean Cruises. Это первый лайнер типа «Ultra Voyager»; второй планируется сдать через год. Пропульсивный комплекс, состоящий из трех ВРК типа Azipod мощностью по 14 МВт, обеспечит скорость хода около 22 уз. На 15 пассажирских палубах лайнера размещаются всевозможные развлечения для пассажиров, включая ледовый каток и парк аттракционов для детей,

Схема добычи метана с океанского дна, предлагаемая американскими специалистами

Американская плавучая полупогружная платформа с противоракетной РЛС

которых ожидается до 1000 в каждом рейсе. Впервые телефонная связь на судне для всех будет только беспроводная, мобильная, а телевизоры — только с плоским экраном. Среди других новшеств — обеспечение содержания $NO_x$ в дымовых газах на уровне последних международных требований по незагрязнению воздушной среды, применение пластмассовых материалов в трубопроводах пресной воды и др. Лайнер построен на класс Det Norske Veritas. По экономичности он превосходит предыдущие суда класса Voyager, вмещающие на 500 пассажиров меньше, так как капитальные и эксплуатационные затраты в расчете на одного пассажира стали меньше (*Seatec. 2005. P. 14., 15; Nordicum. 2005. No. 4. P. 54, 55*).

## WÄRTSILÄ В КИТАЕ

Корпорация Wärtsilä наращивает свое присутствие в Китае. И не только из-за дешевых рабочей силы и материалов, но и благодаря тому, что Китай увеличивает свою долю в международном «пироге» заказов на новые суда. Дизели с маркой Wärtsilä сейчас производятся по лицензиям тремя компаниями: Dalian Marine Diesel Works, Yichang Marine Diesel Works, Hudong Heavy Machinery Co Ltd (HHM). Причем HHM уже планирует создание нового предприятия в 40 км от Шанхая (инвестиции — около 1,5 млн евро), которое будет специализироваться на выпуске малооборотных дизелей, таких как RT-flex/RTA 84 и 96. В итоге у HHM годовой выпуск двигателей по мощности возрастет на 1,5 млн кВт и достигнет к 2015 г. примерно 2,2 млн кВт.

Летом 2006 г. ожидается первая продукция — судовые генераторы типа Auxpac — совместного предприятия Wärtsilä Qiyao Diesel Company Ltd в Шанхае. Подруливающие устройства туннельного типа (Lips) мощностью от 450 до 3550 кВт выпускает компания Wärtsilä Propulsion (Wuxi) Co. Ltd, официальное открытие производства которой состоялось в июне 2005 г. Программа на 2006 г. составляет 150 устройств, в будущем — 300. Результатом первого года работы новой совместной компании Wärtsilä CME Zhenjiang Propeller Co Ltd стал выпуск в 2005 г. первой 1000 т продукции — гребных винтов. Ввод первой

**Цех по выпуску гребных винтов компании Wärtsilä CME Zhenjiang Propeller Co. Ltd в Китае**

очереди предприятия (3 млн евро) обеспечил возможность изготовления ВФШ диаметром до 4 м, а также лопастей и ступиц для ВРШ. После завершения второй очереди (11 млн евро, 2007 г.) компания сможет производить ВФШ диаметром до 10 м и массой 100 т, а годовой выпуск достигнет 4500 т (*Wärtsilä Marine News. 2005. No. 3. P. 6—13*).

## РАДАР ВМЕСТО БУРОВОЙ ВЫШКИ

Плавучая полупогружная буровая установка переоборудована на одной из верфей США под наблюдением инспекторов ABS в самоходную платформу—носитель РЛС для обнаружения баллистических ракет Sea-Based X-Band Radar (SBX). Работы выполнены в соответствие с программой ведомства по противоракетной обороне (US Missile Defense Agency). Использование такой платформы связано с необходимостью обеспечения хорошей устойчивости сооружения, которое должно противостоять волнению, штормам у берегов Аляски, где платформа должна была начать эксплуатироваться в конце 2005 г. Платформа водоизмещением 50 000 т имеет длину 118 м и ширину 73 м. Она оборудована всем необходимым для автономной работы (*ABS Activity. 2005. October. P. 29*).

## МЕТАН С ОКЕАНСКОГО ДНА?

Повышение цен на нефть заставляет западных специалистов искать альтернативные источники энергии, чтобы уменьшить свою зависимость от стран—экспортеров «черного золота». Одним из таких источников может быть метан, выделяющийся в определенных районах океанского дна. Так, у восточного побережья Флориды на глубинах около 1000 м в ходе поиска железомарганцевых конкреции с помощью подводных телевизионных систем были обнаружены замороженные «холмы» из метана. Выделяющийся с океанского дна газ можно добывать с помощью систем, подобных тем, с помощью которых поднимали конкреции, причем с гораздо больших глубин. Предлагается, в частности, применять специальный подводный катамаран, устанавливаемый на дне над источником газа. С помощью источников тепла — электрических нагревателей или даже ядерных реакторов, которые разрабатывались для космических программ, — газ размораживается и по трубопроводу подается на судно-газовоз, где сепарируется от воды, примесей и закачивается в танки для транспортировки к береговым терминалам (*Sea Technology. 2005. October. Vol. 46. No. 10. P. 39—42*).

**Формирование танкера класса Suezmax на верфи Samsung Heavy Industries из мегаблоков массой 2000—2500 т**

Головное сухогрузное судно «Azov Concept» построено на турецкой верфи в Гелиболу для компании Albros

## СУДА ИЗ МЕГАБЛОКОВ

На южнокорейской верфи Koje Island Shipyard концерна Samsung Heavy Industries формирование судов в плавучем доке осуществляется из сверхкрупных блоков. Плавдок, закупленный для докования и окраски газовозов, вскоре стал использоваться и для постройки новых судов. Чтобы сократить до минимума время нахождения судна в плавдоке, сборку судов стали проводить с помощью двух плавучих кранов грузоподъемностью 3000 т и 3600 т всего из десяти мегаблоков (восьми корпусных и двух надстройки и дымовой трубы) массой 2000—2500 т. Ранее для этой цели изготавливалось около 130 блоков массой 200—250 т. Впервые эту технологию применили в 2001 г.; тогда было 12 мегаблоков и доковый период составлял 96 сут, достройка на плаву после спуска требовала еще 80 сут. Уменьшение числа мегаблоков до 10 в 2004 г. сократило доковый период до 45 сут, а достроечный — до 60 сут.

В 2006 г. планируется строить танкеры класса Suezmax из восьми мегаблоков, чтобы сдавать их через 7 мес после начала резки стали. Важнейшим в данной технологии являются: погрешности изготовления блоков (±5 мм), наличие специальной автоматической системы балластировки дока и трехмерной системы позиционирования для кранов и подъемных устройств (*Surveyor. 2005. Fall. P. 26, 27*).

## «AZOV CONCEPT» ИЗ ГЕЛИБОЛУ

18 февраля 2006 г. на турецкой верфи в Гелиболу спустили на воду головной сухогруз «Azov Concept» максимальным дедвейтом около 8050 т (при осадке 4,7 м) для судоходной компании Albros. Проект RSD12 разработало Морское Инженерное Бюро (Одесса) при участии заказчика. Габаритные длина 142 и ширина 18,2 м судна обусловлены путями эксплуатации в мелководных российских портах Азовского моря (заход в шлюзы Волго-Донского судоходного канала не предусмотрен). Судно ограниченного района (II) плавания — нового «устьевого» класса, оптимизировано для работы при осадках 3,8—4,5 м. Отсутствие ограничений по надводному габариту позволило разработать более эстетичную высокую кормовую надстройку, чем на судах смешанного «река—море» плавания. Четырехтрюмное судно предназначено для транспортировки генеральных, навалочных, лесных, зерновых и крупногабаритных грузов, включая контейнеры. Суммарный объем трюмов 10 930 м$^3$. Два главных двигателя мощностью по 1510 кВт с помощью двух полноповоротных винторулевых колонок с ВРШ без насадок обеспечивают скорость хода 10,5 уз. Мощность носового подруливающего устройства 240 кВт. Автономность 20 сут. Экипаж 12 чел. Сухогруз был заложен 20 декабря 2004 г. Всего планируется построить четыре судна на класс Российского морского регистра судоходства (*www. meb. com. ua*).

## ПАТРУЛЬНЫЙ КОРАБЛЬ ДЛЯ ШЕЛЬФА

Немецкая компания Fr. Fassmer GmbH & Co.KG разработала проект специального 80-метрового корабля для патрулирования в прибрежной морской зоне — Offshore Patrol Vessel (OPV80), — который предназначен для выполнения широкого спектра задач. Это — охрана прибрежной зоны и рыболовства, спасательные операции, боевые действия, буксировка, снабжение, сбор информации о природной среде, обучение моряков и др. Первые корабли этого проекта будут построены в кооперации с Fassmer на чилийской верфи ASMAR (Вальпараисо) для ВМС Чили. Наибольшая длина корабля 80,6, ширина 13, проектная осадка 3,8 м, водоизмещение 1850 т. Два двигателя мощностью по 4080 кВт обеспечат с помощью двух ВРШ скорость 21—25 уз; предусмотрены два тунельных носовых подруливающих устройства мощностью по 200 кВт. Дальность плавания 8500 миль при скорости 12 уз. Экипаж 30 чел. (+ 30 пассажиров), автономность не менее 30 сут. На корабле есть вертолетная площадка для вертолета Bell 412, палубный кран грузоподъемностью 4 т при вылете стрелы 10 м, буксировочная лебедка на 500 кН, два рабочих катера, зона для размещения трех 6-метровых контейнеров. В проекте заложена модульная система монтажа вооружения, которое выбирается в зависимости от требований заказчика (*Schiff & Hafen. 2005. No. 12. S. 47, 48*).

Патрульный корабль OPV80 разработан фирмой Fassmer для решения широкого круга задач в прибрежной зоне

*Подготовил А. Н. Хаустов*

# ПРЕДПРИЯТИЕ, СТАВШЕЕ ЛЕГЕНДОЙ
## БАЛТИЙСКОМУ ЗАВОДУ — 150 ЛЕТ

*В мае 2006 года исполняется 150 лет со дня основания Балтийского завода. За полтора века это предприятие завоевало славу одной из выдающихся верфей России. Здесь разработаны и построены сотни уникальных кораблей и судов, объединивших в себе самые передовые научные достижения своей эпохи.*

*Сегодня ОАО «Балтийский завод» (входит в Объединенную промышленную корпорацию) — одно из ведущих отечественных предприятий судостроительной отрасли. Завод специализируется на строительстве крупнотоннажных судов для перевозки различных грузов, военных кораблей, ледоколов (с атомными энергетическими установками и дизель-электрических). В качестве перспективного направления деятельности компания выбрала строительство плавучих атомных электростанций.*

Генеральный директор ОАО «Балтийский завод» В. Г. Левченко

### ВО СЛАВУ ОТЕЧЕСТВА

Предприятие заложили в мае 1856 г. купец 1-й гильдии Матвей Карр и инженер-судостроитель Марк Макферсон на юго-западном побережье Васильевского острова. Изначально завод планировался как комплекс разнообразных производств — корабельного, машиностроительного, литейного, металлообрабатывающего — для создания крупнотоннажных стальных кораблей. Таким многопрофильным Балтийский завод остается и по сей день.

За 150-летнюю историю предприятия здесь построено более 500 военных кораблей, подводных лодок и гражданских судов. Со дня своего основания завод первым осваивал новые проекты судов и кораблей, которые в дальнейшем строили и другие российские верфи. На заводе построен первый отечественный металлический корабль с броневой защитой — канонерская лодка «Опыт» (1862 г.), первая отечественная субмарина с механическим двигателем конструктора Ивана Александровского (1866 г.) и броненосный башенный фрегат — «Адмирал Лазарев» (1871г.). В 1930-е годы завод впервые в Советском Союзе освоил строительство линейных ледоколов, а в 1980-х — тяжелых атомных ракетных крейсеров проекта 1144 («Орлан»). Последний корабль этого проекта — крейсер «Петр Великий», не имеющий аналогов в мире по составу вооружения, — предприятие передало российскому ВМФ в 1998 г.

«Петр Великий» является флагманом Северного флота. По соглашению с Министерством обороны РФ предприятие осуществляет комплексное постгарантийное обслуживание корабля и производит на нем все текущие ремонтные работы. Это уникальный случай в мировой практике. Именно благодаря специалистам Балтийского завода крейсер уже восьмой год подряд ходит в море без постановки на плановый ремонт.

В 2004 г. Балтийский завод завершил выполнение крупнейшего на тот момент международного заказа в области надводного кораблестроения — строительство серии фрегатов для военно-морских сил Индии. Всего предприятие передало этой стране три современных боевых корабля. Фрегаты «Trishul», «Talwar» и «Tabar» предназначены как для ведения боевых действий против надводных кораблей и подлодок, так и для отражения атак с воздуха. Корабли обладают значительной огневой мощью: на них установлены ударные противокорабельные ракетные комплексы, зенитно-ракет-

Спуск головного ролкера для компании Stena RoRo

Буксировка атомного ледокола «50 лет Победы» в док Кронштадтского морского завода

ные комплексы, артиллерийские установки, а также торпедные аппараты и реактивные бомбометы. Кроме того, фрегаты оснащены новейшей информационно-управляющей системой. Их названия переводятся с хинди как «Трезубец», «Меч» и «Секира».

## ЛИДЕР РОССИЙСКОГО ЛЕДОКОЛОСТРОЕНИЯ

Вот уже полтора столетия Балтийский завод строит технически сложные и уникальные для своего времени суда и корабли. Сегодня одним из важнейших направлений деятельности верфи является гражданское судостроение. За последние годы предприятие построило суда для заказчиков из России, Германии, Нидерландов, Португалии, Норвегии, Швеции и других стран.

В начале XXI века завод успешно реализовал ряд крупных международных гражданских контрактов. Так, предприятие построило два химических танкера для компании Transocean Shipmanagement (Германия) и шесть речных танкеров по заказу Rensen Shipbuilding B.V. (Нидерланды).

В настоящее время верфь ведет строительство серии современных океанских судов для перевозки автомобилей-трейлеров (типа Ro Pax) по заказу норвежской верфи Fosen Mekaniske Verksteder A/S. Новые суда будет эксплуатировать известная на рынке морских перевозок компания Stena RoRo, входящая в крупный шведский холдинг Stena AB. Первый ролкер заложен на предприятии в декабре 2004 г. и передан заказчику в декабре 2005 г. В июне 2005 г. специалисты Балтийского завода заложили второе судно серии.

Балтийский завод играет ведущую роль в возрождении отечественного ледокольного флота. В 2004 г. завод выиграл международный тендер ФГУП «Росморпорт» на строительство серии современных дизель-электрических ледоколов для Финского залива. Закладка головного судна «Москва» состоялась в мае 2005 г., второго, получившего название «Санкт-Петербург», — в январе 2006 г. А летом 2005 г. заказчик объявил о своем намерении продлить серию и разместить на предприятии заказ на третий ледокол. Таким образом, впервые после 30-летнего перерыва на отечественной верфи будет построена серия линейных дизель-электрических ледоколов.

В настоящее время Балтийский завод продолжает достройку атомного ледокола «50 лет Победы». Основные достроечные работы на атомоходе, включая монтаж энергетической установки и турбогенераторов, завершены, и специалисты предприятия проводят испытания судна. В конце 2006 г. новый атомоход будет передан заказчику.

## В НОГУ СО ВРЕМЕНЕМ

В настоящее время, в отличие от большинства судостроительных верфей, Балтийский завод является многопрофильным и в значительной степени самообеспечивающим предприятием, которое мало зависит от поставок других заводов. Без привлечения мощностей предприятия не может быть построен практически ни один крупный надводный корабль в России.

Помимо судостроительных проектов, компания реализует ряд крупных контрактов в области машиностроения. Завод изготавливает девять главных корабельных котлов для тяжёлого авианесущего крейсера

Фрегат пр. 11356 построен по заказу ВМС Индии

Танкер-химовоз «Philipp Essberger» построен для немецкой компании Transocean Shipmanagement

«Vikramaditya» (бывший «Адмирал Горшков»), модернизацию которого проводит Севмашпредприятие по заказу ВМС Индии. Кроме того, предприятие реализует контракт на поставку индийским военным пусковых ракетных установок комплекса Club-N, выполняет заказы на изготовление судового оборудования, арматуры, гребных винтов, глубоководной техники и др.

Одним из самых перспективных направлений деятельности предприятия остается выпуск оборудования для атомной энергетики (как судовой, так и стационарной). Балтийский завод внесен в реестр официальных поставщиков оборудования, запчастей и материалов, поставляемых для атомных станций, имеет соответствующие лицензии Атомнадзора РФ и Госгортехнадзора. В последние годы предприятие выполнило ряд крупных международных заказов на поставку оборудования для АЭС, строящихся за рубежом. В настоящее время завод изготавливает парогенераторы для продления ресурса энергетических установок действующих атомных ледоколов.

Выход Балтийского завода на мировой рынок стимулировал комплексную модернизацию производства. В 2001—2004 гг. предприятие запустило в промышленную эксплуатацию современный корпусообрабатывающий цех. Общий объем инвестиций в создание нового производства составил около 30 млн дол.

Балтийский завод конкурирует на рынке не только с отечественными, но и ведущими мировыми верфями. Производственные мощности и оснащение предприятия позволяют строить суда, отвечающие международным требованиям. Система управления качеством Балтийского завода сертифицирована на соответствие международным стандартам. Предприятие имеет сертификаты ведущих классификационных обществ — Bureau Veritas Quality International, Российского морского регистра судоходства, Германского Ллойда и других.

Балтийский завод занимает территорию площадью более 650 тыс. м$^2$ и располагает тремя построечными местами — двумя наклонными стапелями и одним крытым эллингом. Здесь трудится более 4 тыс. чел. Портфель заказов предприятия на период до 2009 г. составляет более 600 млн дол. США.

Совмещая накопленный опыт с внедрением передовых технологий, Балтийский завод сохраняет роль базового судостроительного предприятии России. Благодаря современным производственным мощностям и профессиональному коллективу, завод по праву входит в число лидеров среди отечественных предприятий.

## ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО В ОБЛАСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ — КЛЮЧЕВАЯ ЗАДАЧА ДЕСЯТИЛЕТИЯ

31 марта в Санкт-Петербурге прошел семинар «Цели и задачи промышленных предприятий в условиях реформирования системы технического регулирования», организованный комитетом по техническому регулированию, стандартизации и оценке соответствия Российского союза промышленников и предпринимателей (работодателей), аналогичным союзом Санкт-Петербурга и Центром нормативно-технической документации.

Открыл семинар В. П. Ковешников. С докладами выступили А. И. Вольский, Г. А. Томчин, С. В. Пугачев, А. Д. Дейнеко, И. Е. Миронова и др.

Закон РФ «О техническом регулировании», принятый в декабре 2002 г., отводит 7 лет на разработку, принятие и «пилотное правоприменение» новых технических регламентов (ТР), однако до сих пор ни один ТР не одобрен правительством и не внесен в Госдуму. При этом основная проблема здесь, как отмечалось на семинаре, — недостаток системности в решении поставленной задачи. Закон предусматривает разделение обязательных и добровольных требований к продукции. Обязательные, относящиеся исключительно к параметрам безопасности, должны быть в ТР — федеральных законах, добровольные — в стандартах, определяющих потребительские достоинства продукции. Введение ТР — необходимое условие перехода к современным рыночным отношениям, обеспечению конкурентоспособности продукции на международном и внутреннем рынках. При этом преследуется общая цель — снижение административной нагрузки на бизнес. Безопасность продукции будет контролироваться государством, законами о ТР, а качество регулироваться рынком, потребителями. Покупатель всегда прав — общий подход к решению задачи ТР. В области стандартизации мировой тенденцией является переход на международные стандарты, гармонизация национальных технических стандартов с соответствующими документами Европейского союза, других лидеров глобального рынка.

*Корабли-музеи*

# ПОСЛЕДНЯЯ «СЕМЕРКА»

**М. В. Котов** (ОАО СЗ «Северная верфь»)

*У берега бухты Лаохутан в городе Даляне (КНР) на вечной стоянке установлен эсминец «Фушунь» (бывший «Резкий») из состава Тихоокеанского флота СССР — последний корабль, сохранившийся до наших дней, легендарного проекта 7. Проектирование, строительство и боевая деятельность этих эсминцев в годы Великой Отечественной войны получили достаточно полное освещение в литературе по истории флота и судостроения. В то же время на некоторых подробностях послевоенной судьбы «семерок» имеет смысл остановиться подробнее на примере сохранившегося до наших дней «Резкого».*

Эсминец был заложен 5 мая 1936 г. на заводе №198 им. А. Марти в Николаеве, затем разобран и перевезен по частям на Дальний Восток, где 20 июля 1938 г. перезаложен на заводе № 202 во Владивостоке. «Резкий» был спущен на воду 29 апреля 1940 г. и вступил в строй 16 августа 1942 г. Во время войны с Японией в 1945 г. кораблем командовал капитан 3-го ранга Г. П. Селиверстов.

Эсминец «Фушунь» в Даляне

В период с октября 1952 г. по декабрь 1954 г. корабль модернизировали на заводе № 202 по «типовому проекту капитального ремонта и модернизации ЭМ пр. 7» (главный конструктор Л. В. Войшвилло), утвержденному 17 мая 1948 г. главнокомандующим ВМС[1] адмиралом И.С. Юмашевым.

Артиллерия главного калибра осталась прежней — четыре палубно-щитовые 130-мм артустановки Б-13-2с. Серьезной модернизации подверглась система приборов управления стрельбой (ПУС) главного калибра «Мина», получившая наименование «Мина-2с». Зенитная артиллерия, состоявшая на тихоокеанских «семерках» из двух 76-мм орудий 34-К, трех—четырех 37-мм автоматов 70-К и четырех 12,7-мм пулеметов «Кольт-Браунинг», была заменена на четыре спаренные 37-мм автоматические артустановки В-11. Замена малоэффективных нескорострельных 76-мм орудий и крупнокалиберных пулеметов однородной автоматической малокалиберной зенитной артиллерией позволила практически без роста нагрузки заметно повысить интенсивность зенитного огня. Новый состав вооружения требовал для своего обслуживания значительно меньше личного состава, что позволило сократить штаты и несколько улучшить обитаемость. Наконец, немаловажным обстоятельством явилось удобство обслуживания, ремонта и снабжения унифицированного зенитного вооружения.

Важнейшим направлением модернизации стала замена установленных в годы войны радиолокационных (РЛС) и гидроакустических станций (ГАС) иностранного производства на более современные отечественные образцы. На эсминце было смонтировано три РЛС различного назначения: обнаружения воздушных целей «Гюйс-1-М-4», обнаружения надводных целей «Линь» и управления огнем главного калибра «Заря». ГАС «Дракон-128с» (аналог английского ASDIC) была заменена отечественной ГАС «Тамир-5Н»[2]. В результате корабль получил возможность обнаруживать надводные цели на дистанции 80—100 кб и вести по ним артиллерийский огонь в условиях плохой видимости, обнаруживать воздушные цели на дистанции до 240 кб, подводные лодки в активном режиме на ходу — на дистанции до 12,5 кб и в пассивном режиме «на стопе» — до 30 кб.

Новый состав штурманского вооружения включал в себя гирокомпас «Курс-3», эхолот НЭЛ-3, лаг «Гаусс-50», радиопеленгатор РПН-47-01, а установленный при модернизации комплект средств связи состоял из передатчиков Р-641, Р-644 и Р-647, приемников Р-670, Р-671 и Р-673 и двух приемопередающих станций Р-609. В целом по составу радиотехнического, штурманского вооружения и средств связи модернизированные «семерки» были доведены до уровня новых эсминцев пр. 30бис.

Несколько изменился и внешний вид корабля — фок-мачта, которая теперь несла тяжелые антенны РЛС, стала треногой, увеличился объем надстроек для размещения дополнительных постов, на трубе появился козырек. Для компенсации потери остойчивости на корабле пришлось добавить твердый балласт, поэтому его нагрузка в ходе модернизации возросла, и стандартное

[1] С марта 1946 г. по март 1955 г. Военно-Морской Флот именовался Военно-Морскими Силами (ВМС) СССР.

[2] По данным Jane`s Fighting Ships корабль в 1985 г. имел ГАС «Пегас-2М», однако это представляется маловероятным. Скорее всего, эта информация взята по аналогии с эсминцами пр. 56, несколько таких кораблей также были переданы китайскому флоту.

Несмотря на перевооружение, «Фушунь» сохранил характерный силуэт знаменитой «семерки»

водоизмещение достигло 1900 т. В связи с этим скорость полного хода снизилась до 34—35 уз.

Всего за период 1946—1955 гг. капитальный ремонт и модернизацию по типовому проекту прошло 23 эсминца пр. 7 и 7у из 28 ед., переживших Великую Отечественную войну, в том числе девять тихоокеанских «семерок».

В целом модернизация эсминцев предвоенной постройки позволила заметно улучшить их тактико-технические элементы (ТТЭ). Однако устранить органически присущие этим кораблям конструктивные недостатки — слабость корпуса, неудовлетворительную мореходность, малую дальность плавания — оказалось невозможно. Несмотря на преимущества по сравнению с первоначальным проектом и вооружением военного времени, эффективность зенитного вооружения оставалась недостаточной.

Большая часть эсминцев закончила модернизацию в 1952—1954 гг., когда уже была построена серия новых кораблей того же класса пр. 30бис, обладавших более высокими ТТЭ. Восемнадцать «тридцаток-бис» вошли в состав Тихоокеанского флота.

Наконец, в середине 1950-х годов было развернуто серийное строительство эсминцев нового поколения (пр. 56), началось проектирование кораблей с ракетным вооружением. В этот период изменился и общий курс в строительстве флота, высшее руководство страны во главе с Н. С. Хрущевым резко высказалось за отказ от крупных надводных кораблей, недостроенные крейсера в высокой степени готовности были сданы на слом. Началось и общее сокращение вооруженных сил. В таких условиях сохранение в составе флота «семерок» (даже после модернизации) представлялось анахронизмом, несмотря на возможность использовать их в качестве сторожевых кораблей до полного исчерпания технического ресурса.

Между тем наметился удобный повод с политической выгодой «пристроить» относительно устаревшие эсминцы. В 1955 г. союзному Китаю была досрочно возвращена арендованная в 1945 г. после освобождения от японских войск военно-морская база Порт-Артур. Одновременно в состав формируемых военно-морских сил Народно-освободительной армии Китая передали ряд кораблей из состава Тихоокеанского флота СССР, в число которых вошли и четыре недавно модернизированные «семерки»: «Рекордный», «Решительный», «Ретивый» и «Резкий», получившие соответственно наименования «Аншань», «Чанчунь», «Цзилинь» и «Фушунь». Остальные пять старых эсминцев прослужили в составе ТОФ еще три года и в апреле 1958 г. были разоружены и переклассифицированы в суда-цели (два из них впоследствии потопили при выполнении учебных стрельб). Переданные Китаю их собратья оказались редкими долгожителями. До начала 70-х годов прошлого века они являлись самыми крупными кораблями и своеобразным «лицом» китайского флота. Пройдя в 1971—1974 гг. повторную модернизацию по замене трехтрубных торпедных аппаратов на двухконтейнерные поворотные пусковые установки крылатых ракет «Хайин-2» (копия советской П-15), «семерки» оставались в строю до второй половины 80-х годов, более чем вдвое

130-мм артиллерийские установки Б-113-2с остались советского производства

Установки крылатых ракет «Хайин-2» появились на корабле после модернизации 1971—1974 гг. в КНР (фото автора)

превысив заложенный при их проектировании срок службы.

В 1991 г. последним был выведен из состава китайского флота «Фушунь». В настоящее время этот корабль-музей «бортовой номер 104» является одной из достопримечательностей Даляня. К сожалению, стоящий на грунте корпус изнутри практически пустой. Не сохранились машинные и котельные отделения, жилые, служебные помещения и даже главные поперечные переборки. Экспозиция единственного музейного зала в кормовой части весьма скупо повествует об истории военно-морских сил Китая.

Внешний вид эсминца практически не изменился с 1955 г. Несмотря на громоздкие пусковые установки крылатых ракет, стоящие на месте торпедных аппаратов, корабль сохранил и характерный силуэт, и артиллерийское вооружение по типовому проекту капитального ремонта и модернизации 1948 г. При этом механизмы вертикального и горизонтального наведения спаренных зенитных автоматов В-11 находятся в рабочем состоянии, чем с удовольствием пользуются китайские дети. Командно-дальномерный пост развернут на правый борт и зафиксирован в этом положении. Сохранилось оборудование ходового мостика, в том числе многочисленные переговорные трубы и кажущийся неестественно большим на очень тесном мостике экран РЛС 50-х годов.

Вызывает сожаление, что наша страна не сохранила ни один из этих кораблей, оставивших заметный след в истории отечественного кораблестроения, вынесших на себе тяжесть боев Великой Отечественной войны на всех морских театрах и составлявших основу надводных сил в первое послевоенное десятилетие. Благодарность Китаю смешивается с горечью от того, что никаких упоминаний о советском прошлом корабля, кроме факта его передачи от СССР в 1955 г., в музее на борту корабля нет. Отсутствуют даже упоминания о первоначальном наименовании эсминца. Для китайцев это уже совершенно другая история...

# КОРАБЛЕСТРОИТЕЛЬ В. П. ГОРЯЧЕВ

(*К 100-летию со дня рождения*)

Владимир Петрович Горячев был участником проектирования и строительства практически всех отечественных дизель-электрических подводных лодок (ПЛ) советского периода до 1947 г. В последующем ему было суждено стать первопроходцем создания электроэнергетических систем (ЭЭС) и электрооборудования ПЛ с атомными энергетическими установками (АЭУ).

Родился В. П. Горячев в Санкт-Петербурге 30 июня 1906 г. — в год, когда император Николай II подписал указ об образовании подводного флота России как самостоятельного рода военно-морских сил. Его отец Петр Филиппович (1858—1942) был церковным сторожем Смоленского кладбища. Мать Варвара Петровна (1863—1929) занималась домашним хозяйством. В семье было еще два брата и шесть сестер.

После окончания Ленинградского электротехникума в 1926 г., В. П. Горячев был зачислен экстерном в Ленинградский электротехнический институт им. В. И. Ульянова (Ленина), который окончил в 1930 г., получив специальность — электрификация фабрик и заводов.

В сентябре 1928 г., еще во время учебы в институте, он поступает на работу в электротехническое бюро Балтийского завода (техбюро № 3) в группу, руководимую П. П. Большедворским. Эта группа разрабатывала электрооборудование и вела все работы электротехнического профиля по заданиям техбюро № 4, созданного на заводе 1 ноября 1926 г. специально для проектирования и выпуска рабочих чертежей первых советских ПЛ.

Большой опыт разработки конструкторской документации, строительства и проведения испытаний он приобрел, участвуя в восстановлении английской подводной лодки L-55, подорвавшейся в 1919 г. на минах в Копорской губе Финского залива. 14 августа 1928 г. она была поднята и, несмотря на то, что большинство оборудования оказалось разрушено и подлежало замене, было принято решение о ее восстановлении.

В 1932 г. на базе техбюро № 4 на Балтийском заводе создается центральное конструкторское бюро судостроения — ЦКБС-2. В. П. Горячев назначается руководителем группы электротехнического отдела (к этому моменту группа П. П. Большедворского была переведена в техбюро № 4 и преобразована в сектор, а при образовании ЦКБС-2 — в отдел).

Одновременно с приобретением опыта проектирования, постройки и испытаний рос авторитет В. П. Горячева как специалиста-электрика. В том же 1932 г. испытания по электрической части головной ПЛ III серии типа «Щука» полностью проводились с его участием.

В 1935 г. началось строительство минных заградителей — ПЛ XIII серии, а в 1938 г. — XIIIбис. Дальность плавания экономическим подводным ходом этих лодок, по сравнению с подводными минными заградителями XI серии, была значительно увеличена.

В. П. Горячев (1906—1977)

26 января 1943 г., за участии в создании ПЛ XIIIбис серии В. П. Горячеву была присуждена Сталинская премия I степени. В марте 1944 г. «за создание советских образцов ПЛ, успешно действующих против немецко-фашистских захватчиков» он был удостоен ордена Трудового Красного Знамени, а в1945 г. награжден медалью «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941—1945 гг.».

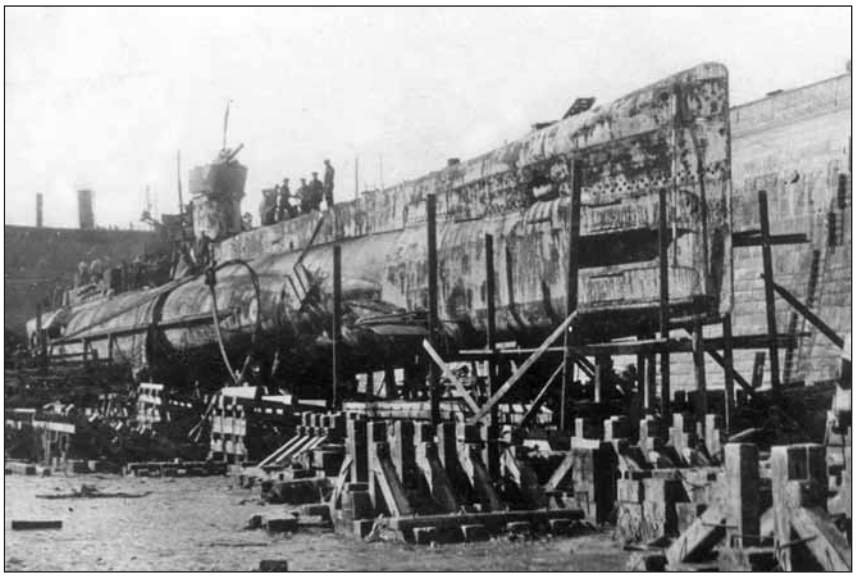
Много сил, знания и таланта было вложено Владимиром Петровичем в создание крейсерской ПЛ XIV серии. Проектирование этих ПЛ было начато в 1934 г. Головная К-1 вступила в строй в мае 1940 г. На них был значительно расширен состав электрооборудования, впервые использовались электрические приводы перекладки и выдвижения носовых горизонтальных рулей, открывания крышек торпедных аппаратов и крышек люков для постановки мин. Аккумуляторная батарея повышенных емкости и живучести состояла из двух носовых и двух кормовых групп. Впервые была применена, кроме общей вентиляции аккумуляторного помещения, вентиляция каждого элемента.

Весной 1947 г. В. П. Горячев командируется в составе группы специалистов, возглавляемой А. А. Антипиным, в Бланкенбург (Германия), где организуется бюро по воссозданию специальной энергетической установки системы Вальтера, применявшейся на немецких ПЛ. Перед этой группой ставится задача — создать скоростную ПЛ с парогазотурбинной установкой. С этой целью в 1948 г. было сформировано проектно-конструкторское бюро — СКБ-143 (ныне СПМБМ «Малахит»), начальником которого и главным конструктором первой отечественной скоростной ПЛ пр. 617 с парогазотурбинной установкой назначается А. А. Антипин. Среди специалистов, переведенных из ЦКБ-18 в СКБ-143, был В. П. Горячев, назначенный заместителем главного конструктора ПЛ пр. 617 и начальником электротехнического отдела № 4, в котором первоначально сосредотачиваются все работы электротехнического направления, включая разработку ЭЭС корабля, сильноточного оборудования, радиоэлектронного вооружения и системы управления.

В 1952 г. СКБ-143 приступило к созданию первой отечественной АПЛ. Одним из первых участников в работе инициативной группы под руководством В. Н. Перегудова по разработке предэскизного проекта стал В. П. Горячев. В это время он определил состав электрооборудования и сформулировал основные требования к ЭЭС корабля с АЭУ.

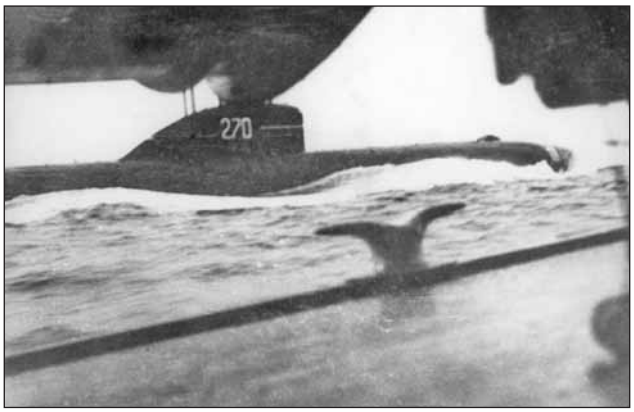
10 августа 1953 г. В. П. Горячев назначается начальником отдела и заместителем главного конструктора СКБ-143. В октябре 1956 г. он становится главным конструктором по электротехнической части. Под его руководством была создана мощная ЭЭС постоянного тока напряжением 175—320 В с побортным резервированием и обеспеченной непрерывностью питания при переходе с одного источника электроэнергии на другой. ЭЭС состояла из двух турбогенераторов суммарной мощностью 2400 кВт с приводом от главных турбозубчатых агрегатов, двух резервных дизель-генераторов, двух групп аккумуляторных батарей, устройств защиты и коммутации. При этом впервые были созданы: корабельная система управления и защиты АЭУ; корабельные приборы радиационного и дозиметрического контроля и ряд точных электрических приборов измерения неэлектрических величин, без которых была бы невозможна эксплуатация атомной энергетической установки.

В 1957 г. В. П. Горячев участвует в пусконаладочных испытаниях ЭЭС на натурном стенде главной энергетической установки в Обнинске, а через год становится членом Государственной комиссии по испытаниям первой советской АПЛ пр. 627. За создание электрооборудования и радиоэлектронного во-



Подводная лодка L-55 в кронштадтском доке

Крейсерская подводная лодка XIV серии




Атомная подводная лодка пр. 627

оружения этой АПЛ В. П. Горячеву в 1959 г. присуждается звание лауреата Ленинской премии.

После выхода в 1958 г. постановления Совета Министров СССР о создании ПЛ второго поколения, при участии В. П. Горячева были созданы первые образцы лодочного оборудования на переменном токе: турбогенераторы, обратимые преобразователи, серия двигателей с пускорегулирующей аппаратурой, устройства коммутации, защиты и др., а также организованы исследования и обеспечена устойчивая работа ЭЭС в установившихся и переходных режимах, обеспечены параллельная работа источников электроэнергии и надежный подхват нагрузки переменного тока обратимыми преобразователями при аварийных отключениях турбогенераторов.

В период создания комплексно-автоматизированной АПЛ пр. 705 (главный конструктор М. Г. Русанов) под руководством В. П. Горячева создается уникальная ЭЭС переменного тока частотой 400 Гц. В ходе проектирования и строительства этих АПЛ были созданы впервые в практике подводного кораблестроения силовые статические преобразователи; обеспечена электромагнитная совместимость радиоэлектронного вооружения и систем управления при питании от единой сети в условиях широкого применения полупроводниковой элементной базы. Значительный вклад внес В. П. Горячев в создание главного командного поста нового типа. Впервые для ПЛ все боевые посты были сосредоточены в одном помещении.

В 1966 г., в самый разгар строительства этой ПЛ, В. П. Горячеву высшей аттестационной комиссией была присуждена ученая степень доктора технических наук.

За пятидесятилетнюю деятельность Владимир Петрович внес огромный вклад в разработку корабельного оборудования и обеспечение высокой боеспособности подводных кораблей. Он воспитал большое число квалифицированных специалистов-электриков кораблестроительного профиля. Его опыт, отеческое отношение к подчиненным вызывали уважение, а заслуги перед отечественным кораблестроением отмечены многими государственными наградами.

Скончался В. П. Горячев 19 марта 1977 г. Его имя навсегда вошло в историю отечественного флота и подводного кораблестроения.

**В. А. Собакин**
**(ФГУП СПМБМ «Малахит»)**

# К 100-ЛЕТИЮ СОЗДАНИЯ МОРСКОГО ГЕНЕРАЛЬНОГО ШТАБА

**Е. Ф. Подсобляев,** канд. истор. наук, **В. В. Савич** (СПбВМИ)

Поражение России в русско-японской войне 1904—1905 гг., во многом обусловленное недостатками в штабной службе и управлении силами, вынудили правительство провести реформы в системе управления Военным и Морским ведомствами. Для руководства строительством и использованием вооруженных сил были созданы центральные оперативные органы — генеральные штабы: Главное управление Генерального штаба — 25 июня 1905 г., Морской генеральный штаб (МГШ) — 24 апреля 1906 г.

Целесообразность и необходимость перспективного планирования и руководства морскими силами была осознана в России еще в период строительства броненосного флота. В 1863 г. при канцелярии управляющего Морским министерством появилось «военно-морское» отделение. В 1884 г. был образован Главный морской штаб (ГМШ), в компетенцию которого входило управление боевыми силами, строевой частью и кадрами флота. Он состоял из двух отделов (военно-морского и личного состава) со штатом из 13 офицеров, что было явно недостаточно. Структура и функции ГМШ не обеспечивали выполнения поставленных задач.

К такому же выводу пришел вице-адмирал И. Ф. Лихачев, который, находясь в отставке, не прекращал исследовательской и научной деятельности. В 1888 г. он опубликовал статью «Служба генерального штаба во флоте» [1], в которой предложил помимо ГМШ, являвшегося, по сути, административно-кадровым органом, сформировать МГШ, ответственный за развитие и использование флота. В нем предполагались статистическое, стратегическое, тактическое, распорядительное и инспекторские отделения. Однако эта идея не нашла поддержки в правительстве (из-за своего новаторства). Дело в том,

что в тот период еще ни один из иностранных флотов не имел генерального штаба[1]. И лишь после катастрофического поражения в русско-японской войне царь и правительство решились пойти на такой шаг.

Инициатором создания МГШ стал лейтенант А. Н. Щеглов, возглавлявший в то время Санкт-Петербургский военно-морской кружок, в состав которого входили молодые офицеры: капитаны 2-го ранга М. М. Римский-Корсаков, М. Ф. Шульц, В. К. Пилкин, лейтенанты А. В. Колчак, П. Н. Черкасов, Б. Б. Жерве, П. В. Гельмерсен, М. А. Кедров и др. Члены кружка подготовили большую записку «Значение и работа штаба на основании опыта русско-японской войны», имевшую огромное значение для реформы аппарата управления Морским ведомством. Аргументы в пользу создания МГШ были столь убедительны, что уже 2 мая 1906 г. он начал свою работу.

Согласно правительственному указу, МГШ должен был ведать «составлением планов войны на море и мероприятиями по организации боевой готовности морских сил, а также устанавливать совместную деятельность МГШ с Генеральным штабом армии в общих вопросах, касающихся государственной обороны, в развитии вооруженных сил империи» [2]. Все функции строевой и распорядительной деятельности по управлению флотом были оставлены за ГМШ.

А. Н. Щеглов — один из инициаторов создания МГШ

Первым начальником МГШ был назначен командир крейсера «Громобой» капитан 1-го ранга Л. А. Брусилов, пользовавшийся большим уважением среди прогрессивной части офицеров русского флота. Ему было дано право комплектации штаба офицерами по собственному усмотрению.

Вопреки проекту, в котором предлагалось сформировать полноценный оперативный орган с 44 специалистами [3], морской министр вице-адмирал А. А. Бирилев убедил царя ограничиться созданием «малого» штаба, включавшего по временному штату 12 офицеров. Первоначально МГШ состоял из оперативной части и трех отделений: русской статистики, иностранной статистики и военно-исторического, а также делопроизводства по мобилизации. Функции штаба и обязанности его персонала были изложены в «Наказе МГШ» [4], утвержденном месяц спустя после начала работы штаба. МГШ предстояло заниматься изучением фактического состояния и тенденций развития морских сил, разработкой стратегических планов, кораблестроительных программ, планов оборудования морских театров, организации флотов и соединений, тактики сил флота. В его задачи входило руководство боевой подготовкой флотов, проверка их мобилизационной готовности, налаживание работы оперативных отделений штабов, разработка заданий для проведения маневров и учений военно-морских сил, участие в подготовке офицерских кадров.

Столь широкий круг задач требовал усиления кадров МГШ, однако попытки морских министров адмирала И. М. Дикова и вице-адмирала С. А. Воеводского расширить его штат законодательным путем по разным причинам откланялись. В 1911 г. начальник МГШ вице-адмирал А. А. Эбергард убедил Адмиралтейств-совет увеличить состав штаба распорядительным путем до 24 офицеров [3]. Попытка морского министра адмирала И. К. Григоровича и

Адмирал А. А. Эбергард

нового начальника МГШ вице-адмирала А. А. Ливена реорганизовать центральные учреждения также не увенчалась успехом. И лишь 20 октября 1914 г. структура МГШ была изменена. В нем сформировали семь отделений: три оперативных, организационно-тактическое, воздухоплавательное, статистическое и историческое, а вскоре утвердили его штат: вице-адмирал, контр-адмирал, 15 штаб- и 18 обер-офицеров [5].

Во время первой мировой войны структура и функции МГШ изменялись дважды. Сначала в связи с созданием Морского штаба Ставки (МШС), затем, в соответствии с намерением Временного правительства упразднить МШС и ГМШ, чтобы ликвидировать слишком громоздкую систему управления флотом. Поэтому роль МГШ в руководстве боевыми действиями флотов изменялась. С февраля 1916 г. по июнь 1917 г. важнейшие функции по управлению флотом были сосредоточены в МШС, который возглавлял адмирал А. И. Русин, являвшийся начальником МГШ и первым помощником морского министра. После Февральской революции эти функции вновь перешли к МГШ, и его организационно-штатная структура усложнилась. По состоянию на 1 октября 1917 г. МГШ включал три крупных отдела, три отделения и канцелярию, в которых насчитывалось

[1]Генеральные штабы появились: в японском флоте — в 1893 г.; в германском — в 1899 г.; во французском — в 1902 г.; в американском — в 1909 г.; в английском — в 1912 г.

Адмирал А. А. Ливен

56 штатных и 12 прикомандированных офицеров [3].

Роль МГШ в деле воссоздания флота после русско-японской войны и подготовки его к первой мировой войне трудно переоценить. Пожалуй, не было ни одного сколько-нибудь значимого вопроса, в разработке которого не принимали активного участия офицеры МГШ. Одним из основных и наиболее сложных направлений было формирование морской политики России в 1906—1914 гг.

Основной трудностью, с которой столкнулся МГШ с первых же дней своей работы, было отсутствие четких руководящих указаний со стороны правительства, в частности, относительно внешнеполитических усилий государства на ближайшую и дальнюю перспективу. Поэтому офицерам МГШ приходилось проводить самостоятельный анализ международной обстановки и, исходя из собственных выводов, вырабатывать предложения по стратегическому планированию боевых действий на море. Сложность этой работы определялась еще и тем, что в период 1906—1914 гг. русская морская стратегия не имела прочного фундамента в виде единой военной доктрины и согласованного с армией плана войны. Упразднение в 1909 г. Совета государственной обороны под председательством великого князя Николая Николаевича, призванного согласовывать морскую и сухопутную составляющие военной стратегии, привело к тому, что генштабы на протяжении всего предвоенного времени работали практически изолированно друг от друга.

Приступая в 1906 г. к разработке плана войны на морских театрах, МГШ одновременно провел большую работу по анализу состояния сил флотов. Было установлено, что организация и боевая подготовка сил находятся в крайне запущенном состоянии. По мнению МГШ, наиболее серьезными причинами, отрицательно влиявшими на боеспособность флота, были: отсутствие правильной организации корабельного состава флота, который представлял «собой сбор кораблей случайных типов» [2]; отсутствие плана с указанием сроков окончания постройки новых кораблей и ремонта находившихся в строю; отсутствие систематического комплектования кораблей личным составом; отсутствие минимальных запасов для флота — топлива, мин, торпед, снарядов и т. п. — без чего нельзя было проводить полноценную боевую подготовку; отсутствие достаточного числа хорошо подготовленных, опытных и знающих свое дело морских офицеров; отсутствие планомерной боевой подготовки.

Сюда же необходимо отнести несовершенство устройства морского ведомства, бюрократический аппарат которого был оторван от флота. МГШ, понимая это, разработал новое положение об организации центрального и портовых управлений. В его основу была положена идея более тесной связи органов управления и снабжения с флотами. Дело в том, что до русско-японской войны и в первое время после нее флоты на морях подчинялись главным командирам портов, которые не плавали, а управляли ими с берега. Командующего флотом в современном понимании не было. Соединения флота не имели более или менее стабильной организации. Корабли плавали только летом, а на зиму команды переходили в береговые экипажи, боевая подготовка прекращалась. Были и другие причины, тормозившие воссоздание флота после войны и не позволявшие содержать его в надлежащей боевой готовности. Поэтому МГШ самым решительным

Адмирал А. И. Русин

образом выступил за проведение реформ на флоте. Наиболее важными из них являлись: реорганизация управления флотами, изменение системы подготовки офицерских кадров, установление новой организации корабельных соединений, введение планомерной боевой подготовки.

В соответствии с этими реформами флоты были подчинены адмиралам с предоставлением им широкой инициативы в деле организации боевой подготовки морских сил. Увеличилась продолжительность плавания, с окончанием кампании команды оставались на кораблях. Флот получил более стройную и стабильную организацию. Корабельные силы в соответствии с решаемыми задачами стали делиться на отряды и группы. Были пересмотрены правила службы на кораблях и права отдельных начальников (с расширение их самостоятельности). Особое внимание было обращено на улучшение военно-морского образования офицерского состава. С этой целью в Морской академии вместо ранее существовавших краткосрочных курсов был учрежден военно-морской отдел с двух- и трехгодичным сроком обучения. Соответствующим образом была реформирована подготовка офицерских кадров в Морском корпусе и в минно-артиллерийских классах. Были разработаны новые программы (с акцентом на изучение тактики флота и военно-морской истории), направленные на

улучшение тактической подготовки офицерского состава.

Из всех задач, связанных с воссозданием русского флота после войны с Японией, наиболее сложной являлась проблема строительства новых кораблей. По существу, приходилось заново создавать корабельный состав Балтийского флота и одновременно усиливать Черноморский флот. МГШ, укомплектованный молодыми, способными и энергичными офицерами, развернул интенсивную деятельность по разработке и утверждению судостроительных программ. В условиях недостаточно развитой экономической базы России и ограниченных финансовых средств успешно решить все проблемы, связанные с воссозданием военно-морского флота, серьезно ослабленного в войне с Японией, было крайне сложно, но МГШ удалось решить эту проблему.

Однако флот вступил в первую мировую войну с устаревшими кораблями. Причиной явилось недопустимо медленное прохождение судостроительных программ через многочисленные государственные инстанции (на рассмотрение «Малой судостроительной программы 1907—1911 гг.» ушло около четырех лет, а «Большой судостроительной программы 1912—1916 гг.» — три года)[1]. Постоянные разногласия между морским и военным ведомствами по вопросам воссоздания флота, связанные с получением кредитов для армии и флота, также серьезно тормозили строительство флота, что наносило существенный ущерб укреплению обороноспособности государства в целом.

Благодаря деятельности МГШ флот строился с учетом борьбы с конкретным противником, в соответствии с разработанными программами, предусматривавшими постройку современных кораблей всей классов. Корабли строились на отечественных заводах, на основе передовой русской кораблестроительной науки, с привлечением к разработке проектов кораблей и руководству их постройкой лучших ученых и инженеров, среди которых особенно видную роль играли профессора А. Н. Крылов и И. Г. Бубнов. При этом широко учитывался опыт не только отечественного кораблестроения, но и использовалось все лучшее из опыта строительства военных кораблей за границей.

МГШ сыграл также важную роль в развитии всех видов оружия флота. Создание новых образцов артиллерийского, торпедного и минно-трального оружия осуществлялось параллельно со строительством новых кораблей и отвечало тактико-техническим заданиям, разрабатывавшимся в штабе. Дальнейшее развитие получило радио, как одно из основных средств связи и управления силами. Большим достижением в области радиотехники было изобретение в русском флоте радиопеленгатора, широко использовавшегося во время войны для ведения радиотехнической разведки.

Неоспорима заслуга МГШ в создании морской авиации как самостоятельного рода сил российского флота. Воздухоплавательное отделение штаба решало вопросы, связанные с заказами и покупкой гидросамолетов, разработкой организации авиационных станций и отрядов, подготовкой летных кадров, боевым применением самолетов. Благодаря МГШ авиация флотов стала комплектоваться преимущественно гидросамолетами отечественного производства.

К сожалению, из-за недооценки возможностей подводные лодки, хотя и были выделены в самостоятельный класс, серьезного развития накануне войны не получили. Попытка МГШ в ходе войны построить 55 больших подводных лодок оказалась несостоятельной и создать из них новый род сил не удалось. Формирование береговой обороны флотов также не было завершено к началу войны. Хотя к концу 1917 г. на Балтике она состояла из двух приморских фронтов и трех минно-артиллерийских позиций, оснащенных большим количеством батарей, формально самостоятельным родом сил не являлась. С началом войны при содействии МГШ из личного состава береговых экипажей кораблей резерва стали комплектоваться отдельные морские полки для действий на фронте и морские бригады для обороны островов. Позже две такие бригады стали развертываться в Черноморскую и Балтийскую морские дивизии, предназначенные для десантных действий. Появление частей и соединений морской пехоты подтверждало необходимость возрождения этого традиционного рода сил. Организация и тактика морской пехоты, разработанные в то время на основе боевого опыта, нашли применение и в дальнейшем.

Реформы, проведенные по инициативе МГШ, хотя и не устранили полностью серьезные недостатки, имевшие место в российском флоте, тем не менее создали благоприятные условия для укрепления его боеспособности накануне первой мировой войны. МГШ стал играть роль своего рода «мозгового центра», ведавшего перспективным планированием, подготовкой сил флота и управлением боевыми действиями на море, формированием новых родов сил и разработкой военно-морской политики в целом. Это позволило не только успешно решить основные стратегические задачи, стоявшие перед флотом в ходе первой мировой войны, но и создать базу для его послевоенного развития.

**Литература**

1. Русское судоходство. 1888. № 24.
2. РГАВМФ, ф. 418, оп. 1, д. 3419, л. 6; д. 1155, л. 172—173; д. 6032, л. 220—223; д. 192, л. 2.
3. *Щеглов А.* Значение и работа штаба по опыту русско-японской войны. М.: Воениздат, 1941. С. 71—99.
4. Указатель правительственных распоряжений по Морскому ведомству за 1906 г. СПб., 1907. Распоряжения № 250, 325, 422.
5. Указатель правительственных распоряжений по Морскому ведомству за 1914 г. Пг., 1915. Т. 2. С. 1205.

[1]Единственным современным кораблем, вступившим в строй накануне войны, был эскадренный миноносец «Новик». Остальные корабли, заложенные перед войной, находились в стадии постройки, причем строительство большинства из них задерживалось и не укладывалось в установленные сроки.

# МАЛЫЕ ПОДВОДНЫЕ ЛОДКИ ВОЕННОГО ВЕДОМСТВА[1]

Р. В. Кондратенко, И. Р. Рассол

УДК 623.827

Несколько лет эксплуатации первых подводных лодок (ПЛ) конструкции С. К. Джевецкого выявили их недостатки, такие как «употребление человеческой силы» для движения, несовершенная система регенерации воздуха, а с появлением торпед архаичным стало и оружие лодок — подводимые под днище всплывающие мины. В начале мая 1885 г. Джевецкий предложил Главному инженерному управлению (ГУИ) проект модернизации своих ПЛ.

Гребной винт с ножным приводом заменялся водометным движителем (коловратная помпа конструкции Джевецкого с электродвигателем). Она же использовалась в качестве вертикального и горизонтального рулей (за счет изменения направления выбрасывания струи воды). Применение водомета решало задачу по исключению «выдающихся наружу частей аппарата» с целью предотвращения опасности запутывания в траве, сетях и т. п. В нижней части аппарата побортно монтировались два пусковых контейнера («решетки») для мин Уайтхеда малого калибра. Это позволяло атаковывать корабли противника на ходу.

В результате было решено модернизировать две ПЛ, причем работы должны были выполняться А. Е. Гарутом, открывшим осенью 1883 г. в Санкт-Петербурге на Выборгской стороне свою мастерскую. Работы оценивались в 12 000 руб., из которых 3600 руб. выделялось на закупку электродвигателей у французской фирмы Бреге.

В начале июня Джевецкий заключил с Управлением гальванической части контракт на перестройку двух ПЛ. При этом скорость хода под электродвигателем определялась «не менее 4 миль (7 верст) в час». Гальванические батареи предполагали закупить за границей. Все работы следовало закончить к началу сентября.

В настоящее время известен лишь проектный эскиз этой ПЛ. Движитель — помпа *A* — мог работать и на опорожнение балластной цистерны через отливной патрубок *I*, а также имел «внутренний клапан», при помощи которого дозировалась подача воды на левое и правое «выкидные поворотные колена» *B*. Таким образом осуществлялся поворот ПЛ в горизонтальной плоскости. При маневре по глубине колена *B* разворачивались, изменяя направление струй вверх или вниз. Для удифферентовки ПЛ по-прежнему предназначалась ручная помпа *G*. Изменилась система регенерации воздуха и установка компаса, на работу которого постоянно жаловались подводники. Экипаж сократился до двух человек.

Уже в июле начались сложности. Фирма Бреге оказалась не в состоянии выдержать массогабаритные характеристики гальванических батарей. Тогда Джевецкий сам спроектировал батарею. Она оказалась удачной и позднее экспонировалась на III Санкт-Петербургской электрической выставке, где получила высшую награду.

В конце 1885 г. у Джевецкого появились сомнения «относительно полезного действия ротативного гидравлического двигателя... недостаточно изученного и испытанного». Поэтому он обратился к военному министру с предложением установить на второй ПЛ электрический привод на гребной винт, на что и получил разрешение.

В середине мая 1886 г. к сборке ПЛ в мастерской Гарута прикомандировали офицеров Инженерного ведомства капитана Мгеброва и поручика Денисова, а в конце месяца в их распоряжение выделили по два рядовых из 1-й и 2-й минных рот. Впоследствии эти же люди испытывали и осваивали переделанные ПЛ.

Летом 1886 г. на Неве состоялись испытания лодки с водометом. И хотя она «выгребала против течения Невы, что уже составляло преимущество перед первоначальными ножными лодками», Джевецкий ожидал большего. К тому же для перезарядки батареи ее приходилось извлекать из ПЛ.

Джевецкий принял смелое решение. И хотя для второй (винтовой) ПЛ уже была готова гальваническая

**Электрическая подводная лодка С. К. Джевецкого с водометным движителем (копия карандашного рисунка генерал-майора М. М. Борескова. РГВИА, ф. 802, оп. 10, д. 2318):**
*A* — коловратная помпа («гидравлический двигатель»); *B* — «выкидные» поворотные колена; *C* — электродвигатель (типа Тиссандье); *D* — воздушная коловратная помпа (системы Некшипецкого); *I* — трубопровод заполнения — осушения балластной цистерны; *K* — привод управления помпой; *G* — ручная помпа; *E* — гальваническая батарея; *H* — регенератор воздуха («ящик с натром»); *F* — кислородный баллон (экспликация составлена М. М. Борисковым);
*1* — след приемного отверстия помпы *A*; *2* — муфта с рычагом управления; *3* — пусковое устройство («решетка») для 9,5-футовых мин Уайтхеда; *4* — непроницаемая палуба балластной цистерны; *5* — сиденье для 2 чел.

[1]Окончание. Начало см.: Судостроение. 2006. № 1.

батарея, он закупил за границей недавно появившиеся аккумуляторы нового типа. Полученные из Лондона элементы оказались пригодны по электрическим характеристикам, но были слишком громоздки. Для их размещения пришлось убрать передвижной балласт, употребляемый ранее для маневра по глубине, заменив его расположенными в носу горизонтальными рулями, понизить и удлинить балластную цистерну, что привело к ощутимому переливанию воды при дифференте и ухудшению продольной остойчивости. Уменьшился и запас плавучести, в надводном положении ПЛ не всходила на волну и носовые рули на ходу приходилось держать постоянно положенными на всплытие. Естественно, это снижало скорость хода. Из-за недостатка места электродвигатель на гребном валу расположить не удалось и пришлось вводить ременную передачу.

Тем не менее на испытаниях, завершившихся осенью 1886 г., вторая ПЛ достигла скорости около 4 уз. При этом экипаж по-прежнему жаловался на работу компаса, недостаточную очистку воздуха при длительном плавании под водой (теперь ведь прибавились аккумуляторные газы). Много хлопот доставляло ориентирование: «в зрительную трубу видны лишь мелькание неба и воды, а в стекла фонаря можно видеть лишь при мертвом штиле».

И все же Джевецкий решил идти по пути развития последнего типа ПЛ. Считая, что ее недостатки, которые он надеялся устранить без особого труда, во многом обусловлены габаритами батареи, а также динамо-машины завода Бреге, он предложил Военному министерству провести переделку сразу 10 или даже всех 16 кронштадтских ПЛ. Стоимость работ по его расчетам составляла около 8 тыс. руб. «за аппарат». Накопленный опыт позволял рассчитывать, что с работами можно будет управиться до начала навигации 1887 г. Следовало заказать аккумуляторы лекальной формы. Малогабаритный двигатель Джевецкий взялся спроектировать сам.

Военный министр распорядился создать комиссию при ГИУ для оценки предложений Джевецкого, которые он представил уже в конце ноября. Помимо аккумуляторов лекальной формы и малогабаритного электродвигателя в конструкции ПЛ появилось много нового. Так, балластная цистерна увеличенной емкости (240 л) обеспечивала больший запас плавучести, а следовательно, и более выгодную посадку ПЛ при надводном ходе. Внутри ПЛ появилось достаточно места для размещения передвижного груза с приводом, что позволило отказаться от тормозящих ход горизонтальных рулей.

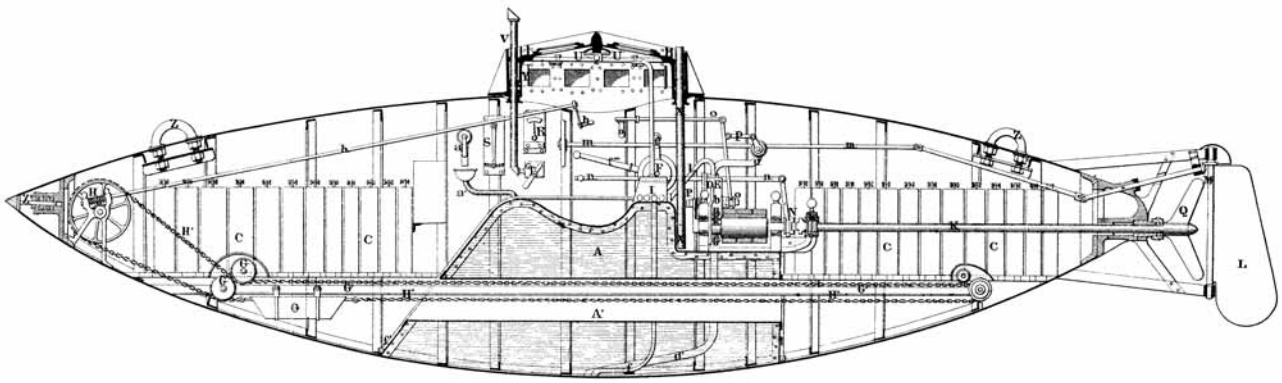
Динамо-машина (150 В, 10 А) передавала движение непосредственно на гребной вал. Причем поворотом ручки можно было переставить щетки и изменить ход вращения вала на противоположный. От вала динамо-машины работали воздушный насос (постоянно) и водяная помпа, отключаемая с помощью муфты.

Конструкция динамо-машины позволяла использовать ее в режиме генератора для зарядки аккумуляторной батареи. Для этого следовало «вращать винт паровой силой со скоростью, немного превышающей 300 оборотов». Так могла быть реализована идея зарядки аккумуляторов корабельными средствами (возможно, впервые в практике подводного кораблестроения).

Воздушная помпа прокачивала по системе до 18 м$^3$/ч, а для экипажа из двух человек было достаточно 8—12 м$^3$. Отработанный воздух проходил по трубкам через ящик с раствором перекиси бария. В результате реакции углекислота связывалась и выделялся кислород, что позволяло отказаться от громоздкого баллона со сжатым кислородом.

Электроэнергии 75 двухвольтовых аккумуляторов общей массой около 1 т хватало на 12 ч хода со скоростью около 4 уз. Водяная помпа могла выкачать балласт приблизительно за минуту. Точная дифферентовка осуществлялась при помощи ручной помпы. Командир управлял электродвигателем и водяным балластом. Слева сидел рулевой.

Снаружи, в килевой части ПЛ, устанавливались два решетчатых контейнера для торпед, для пуска которых был предусмотрен рычажный привод внутри ПЛ.



**Чертеж электрической подводной лодки С. К. Джевецкого с гребным винтом (РГВИА, ф. 802, оп. 3, д. 147):**
*A* — балластная цистерна (в крыше цистерны выемка для сиденья на 2 чел.); вмещает до 15 пуд. воды (240 кг); *A'* — тоннель для прохода передвижного груза *G*; *G* — передвижной груз (свинец, 64 кг); *G'* — направляющий рельс; *H*, *H'*, *h* — привод перемещения груза и рукоять управления; *L*, *M*, *m* — вертикальный руль, его привод и механизм управления; *K* — гребной вал; *k* — упорный подшипник; *N*, *n* — муфта электродвигателя и рукоять управления; *Q* — гребной винт; *B* — динамо-машина (150 В, 10 А, 300 об/мин); *b* — рукоять разворота щеток (дача заднего хода); *P* — колено привода водяной и воздушной помп; *D* — водяная помпа с трубопроводами *d'* и *d*; *O*, *o* — муфта привода водяной помпы и рукоять управления; *P'* — привод отливного кингстона главной водяной помпы; *E* — воздушная помпа; *I* — ящик воздухоочистителя (для перекиси бария); *F* — ручная помпа с трубопроводами *f*, *f'*, *f''* и ручкой привода *f'''*; *T*, *S* — органы управления динамо-машиной (коммутатор и реостат); *R* — амперметр; *C* — аккумуляторная батарея (всего 75 элементов); *U* — скобы и болты нового затвора крыши; *V* — перископ; *X* — труба подачи воздуха (экспликация составлена М. М. Боресковым)

Высказавшись в принципе за осуществление этого проекта, комиссия так и не смогла решить главного вопроса — о модернизации всех или большей части лодок.

В начале декабря 1886 г. все обстоятельства дела доложили генералу Ванновскому. Военный министр счел возможной переделку лишь двух ПЛ и то при открытии особого (вне бюджета министерства) финансирования, заметив при этом что «не признает ли управляющий Морским министерством полезным взять в свое ведение все подводные минные аппараты; ведь это дело не сухопутных минеров».

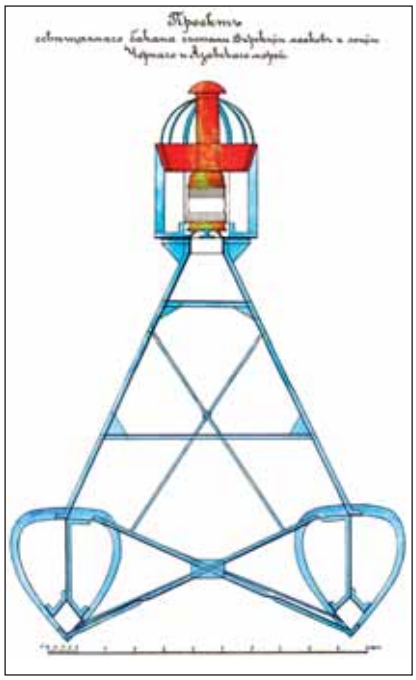
В начале 1887 г. начальник Инженерного ведомства приказал принять у Джевецкого переделанные лодки и принадлежности к ним. С этим из рук конструктора уходила возможность усовершенствования компаса и системы регенерации, недостатки которых сами по себе тормозили решение о модернизации ПЛ. Обращение Джевецкого к военному министру возымело действие, ему разрешили оставить для опытов обе лодки.

Через год закончилась давно тянувшаяся тяжба между Военным и Морским ведомствами о заведовании береговой обороной. Было принято решение сохранить пассивную крепостную минную оборону за Военным ведомством, передав все средства активной обороны Морскому. В соответствии с этим 15 февраля последовало высочайшее повеление о передаче самодвижущихся мин Уайтхеда, управляемых по проводам мин Лея и ПЛ Джевецкого в Морское министерство.

Моряки скептически смотрели на возможность использования этих лодок.

В 1890 г. новый управляющий Морским министерством Н. М. Чихачев поручил главным командирам Кронштадтского порта и Черноморского флота образовать комиссии для окончательного решения вопроса о пригодности лодок Джевецкого «для современной войны на море». В Кронштадте вице-адмирал С. П. Шварц назначил председателем такой комиссии капитана 2-го ранга З. П. Рожественского при участии В. К. Витгефта, Н. В. Чайковского и других офицеров.

На Черном море ПЛ осмотрела комиссия, назначенная приказом



Чертеж бакена

Бакен, построенный с использованием корпусов подводных лодок С. К. Джевецкого

командира Севастопольского порта контр-адмирала М. Д. Новикова, которая пришла к выводу, что они вовсе непригодны для дела. На Балтике после ряда опытов и расчетов этот вывод подтвердила комиссия Рожественского.

Учитывая мнение специалистов об ограниченных возможностях ПЛ, генерал-адмирал великий князь Алексей Александрович с разрешения императора 20 июля 1891 г. приказал «разломать» их во избежание дальнейших расходов на содержание. Приказание это ушло в Кронштадт и Николаев. Вместе с тем Н. М. Чихачев решил сохранить 3—4 ПЛ для осмотра подводной части судов, гидротехнических сооружений, а также для водолазных работ и обслуживания минных заграждений. Эти лодки решили передать водолазной школе.

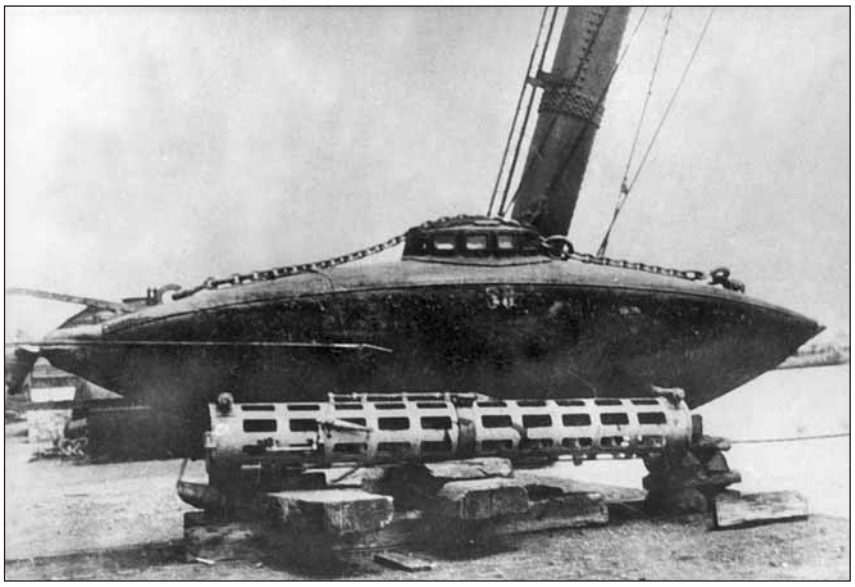
29 августа вице-адмирал Шварц назначил для приемки ПЛ у Инженерного ведомства очередную комиссию под председательством начальника водолазной школы полковника Н. М. Оводова. 3 сентября комиссия осмотрела 15 ПЛ, хранившихся на Якорном дворе. Все они оказались в исправности. Для нужд строителей порта Императора Александра III в Либаве по их просьбе выбрали лодку № 35, а для водолазной школы — № 42 и № 43; для школы предполагали передать и последнюю из переделанных лодок, которая еще находилась у Джевецкого для опытов.

Проверив корпус, приборы и механизмы, ПЛ № 35 спустили в кронштадтский Обводный канал, испытали на ходу, а затем отбуксировали к Константиновскому доку и подняли на стенку. Через несколько дней ее отправили в Санкт-Петербург, так как прямого парохода в Либаву из Кронштадта не предвиделось. Вскоре ПЛ была доставлена по назначению, но строители либавского порта ею так и не воспользовались, предпочитая работу обычных водолазов.

Много лет она пролежала под открытым небом, сильно проржавела и утратила многие медные части, а также приборы, снятые предприимчивыми рабочими и матросами. После многомесячной переписки в июле 1908 г. ее освидетельствовали и списали в металлолом.

В Кронштадте 14 ПЛ оставались в опечатанном сарае на Минном дворе. Приемка лодок в Севастополе и Николаеве продолжалась до февраля 1893 г., но там она сопровождалась разборкой, от которой уцелело также 14 ПЛ.

В январе 1893 г. главный командир Черноморского флота и портов вице-адмирал Н. В. Копытов обратился к Чихачеву с предложением переделать ПЛ в бакены. Управляющий министерством одобрил идею, согласовав ее с начальником Главного гидрографического управления (ГГУ) вице-адмиралом П. Н. Назимовым.



Подводная лодка С. К. Джевецкого в Порт-Артуре

Первыми приступили к переделке черноморцы. В Николаевской минной мастерской с ПЛ сняли механизмы, а на местном литейно-механическом заводе Подлегайлова соединили их корпусы попарно. К весне 1895 г. новые бакены были испытаны. В мае того же года ГГУ запросило заводы Е. А. Яковлева, наследников М. О. Бритнева, Общество «Кавказ и Меркурий» и другие о сроках и ценах изготовления по черноморским чертежам двух бакенов для Балтики и одного для Каспийского моря. Кому именно достался заказ, неясно, но к концу апреля 1896 г. бакены были готовы. Осенью 1898 г. их испытали на кронштадтских рейдах.

После удовлетворения нужд ГГУ Морское ведомство располагало на Балтике, в Кронштадте, восемью полностью укомплектованными лодками Джевецкого и одной полузаброшенной в Либаве. Судьбу находившихся в Санкт-Петербурге установить не удалось. Однако вскоре произошли события, которые заставили вспомнить «о подводных минных аппаратах».

После того как Россия 15 марта 1898 г. подписала с Китаем конвенцию об аренде южной части Ляодунского полуострова перед Военным и Морским ведомствами встала задача укрепления обороны Порт-Артура, которому отводилась роль главной базы российских морских сил на Тихом океане.

Помимо артиллерийских позиций и крепостных минных заграждений Инженерное ведомство задумало установить у входа в бухту «батареи мин Уайтхеда», спроектировав береговое бетонное сооружение на два торпедных аппарата. Начальник морского отдела штаба Квантунской области контр-адмирал В. К. Витгефт, познакомившись с проектом, выдвинул встречное предложение: устроить подвижные батареи, установив минный аппарат под килем лодки Джевецкого.

30 января 1900 г. Витгефт подал командующему морскими силами Тихого океана вице-адмиралу Е. И. Алексееву соответствующую записку, попутно высказав мысль оказать и психологическое воздействие на вероятного противника, для чего открыто поставить ПЛ на палубе одного из пароходов Добровольного флота, показав их во всех промежуточных портах, включая Нагасаки. Алексеев одобрил идею, и вскоре последовал запрос командиру Кронштадтского порта вице-адмиралу С. О. Макарову о количестве и состоянии ПЛ.

В середине мая выяснилось, что в порту хранится восемь ПЛ — одна безнадежно испорчена, остальные же вполне исправны и нуждаются только в переборке механизмов. Управляющий Морским министерством вице-адмирал П. П. Тыртов распорядился провести осмотр одной из ПЛ в мастерских Пароходного завода, после чего 14 сентября приказал отправить в Порт-Артур две ПЛ. В середине октября первая из них была опробована в канале Пароходного завода. Трудно сказать, почему, но ею дело и ограничилось. Отремонтированную лодку 27 октября доставили в Санкт-Петербург, чтобы на зафрахтованном пароходе «Дагмар» отправить по назначению.

В августе 1902 г. вице-адмирал Е. И. Алексеев донес в Санкт-Петербург, что дооборудование прибывшей ПЛ поручено командиру миноносца № 210. К лодке приспособили два решетчатых аппарата для бронзовых мин Шварцкопфа (те и другие были взяты в 1900 г. из китайских арсеналов в Таку). В военное время предполагалось держать ПЛ у входа в гавань на мертвых якорях, погруженной до середины рубки. Пуски торпед должен был производить дежуривший на лодке минер.

Уже в ходе русско-японской войны 1904—1905 гг. инженер-механик броненосца «Пересвет» П. Н. Тихобаев составил проект модернизации лодки Джевецкого путем установки на ней мотора с одного из катеров. Исполнять обязанности командира ПЛ назначили мичмана Б. П. Дудорова.

Вступить в бой этой лодке так и не довелось, при сдаче крепости в декабре 1904 г. ее затопили в одной из бухт Западного бассейна. По сути дела, единственным боевым кораблем из всей серии стала «Кэта». Это имя получил «катер малой видимости», оборудованный по проекту лейтенанта С. А. Яновича с использованием корпуса лодки Джевецкого (подробнее см.: Судостроение. 2005. № 5). По существу же, «полуподводная» лодка Яновича представляла собой паллиативное средство обороны, порожденное военными обстоятельствами, а потому век «Кэты» оказался недолгим, уже в 1908 г. ее исключили из списков флота.

В судьбе малых ПЛ Джевецкого в какой-то мере сказался инженерный романтизм эпохи, подогреваемый бурным прогрессом науки и техники, а также изрядно приукрашенными публикациями о новейших военных изобретениях. Тем не менее постройка и освоение аппаратов Джевецкого позволили серьезно расширить опыт, приобретенный при испытании подлодки И. Ф. Александровского в 1869—1871 гг. Проверка ряда новаторских идей и отработка элементов конструкции нового класса кораблей — все это положительно сказалось позднее, при создании

первой действительно боевой отечественной ПЛ «Дельфин» и последовавших за ней лодок.

**Литература**
1. *Белецкий Л. А.* Подводная лодка. Л., 1924.
2. *Быховский И. А.* Корабельных дел мастера. Л., 1961.
3. *Голов Д.* Подводное судоходство. СПб., 1905.
4. *Дебу К.* Подводное плавание. СПб., 1905.
5. Известия по минному делу. 1887. Вып. 19. С. 43.
6. История отечественного судостроения. СПб., 1996. Т. 2.
7. Записки Имп. Русского Технического Общества. 1905. № 6. С. 475.
8. *Крылов А. Н.* Мои воспоминания. Л., 1979. С. 93.
9. *Мельников Р. М.* Эскадренные броненосцы типа «Пересвет»//Гангут. Вып. 26.
10. Отчет Ученого отделения МТК за 1879—1880 годы//Морской сборник. 1882. № 12.
11. Подводная лодка дворянина Джевецкого//Морской сборник. 1882. № 12.
12. РГАВМФ, ф. 90, 162, 243, 417, 421, 920, 928, 930, 1352, 1353.
13. РГВИА, ф. 802.
14. РГИА, ф. 20,98.
15. *Трусов Г. М.* Подводные лодки в русском и советском флоте. Л., 1957.
16. ЦГИА СПб, ф. 569, оп. 1, д. 178, л. 1—6.
17. *Шапиро Л. С.* Самые нелегкие пути к Нептуну. Л., 1988.
18. *Шершов А. П.* История военного судостроения с древнейших времен до наших дней. М.—Л., 1940.

# КОМАНДИР МИНОНОСЦА «СТЕРЕГУЩИЙ»

**М. Р. Федоров, Н. Н. Афонин**

УДК 355.494(092)

*Русско-японская война 1904—1905 гг. выявила целую плеяду героев-моряков, вписавших свое имя в летопись русского флота. Среди них — командир миноносца «Стерегущий» лейтенант А. С. Сергеев.*

Александр Семенович Сергеев родился 18 сентября 1863 г. в дворянской семье в Курске. В 1880 г. он поступил в Морское училище (Морской кадетский корпус). В 1883 г. произведен в гардемарины, а в 1884 г. — в мичманы. Из его послужного списка видно, что он был способным офицером. Вся его служба прошла в основном на Балтийском флоте, где в 1887 г. его зачислили в 4-й флотский экипаж, а в 1888 г. назначили ревизором на корвет «Боярин». Через два года А. С. Сергеев был зачислен в Минный офицерский класс и в качестве его слушателя плавал на крейсере «Африка» в Балтийском море. В 1891 г. он произведен в минные офицеры 2-го разряда и назначен командиром 4-й роты броненосного корабля «Император Николай I». В 1892 г. А. С. Сергеев становится лейтенантом, а на следующий год назначается вторым минным офицером броненосца. В 1893—1895 гг. на этом корабле он совершает заграничное плавание, в ходе которого «Император Николай I» в составе русской эскадры под командованием контр-адмирала Ф. К. Авелана посетил с дружеским визитом французский порт Тулон на Средиземном море (1893 г.). При этом русские моряки продемонстрировали высокую морскую выучку. В походе Сергеев назначается уже старшим минным офицером. Группе особенно отличившихся русских офицеров в период визита был пожалован французский орден Почетного легиона (в их числе был и лейтенант Сергеев). В 1895 г. А. С. Сергеев награжден орденом Св. Станислава III ст., а затем и орденом Св. Анны III ст. В 1901 г. за добросовестную службу ему, лейтенанту, было назначено денежное содержание, соответствующее окладу капитан-лейтенанта, которое по сравнению с лейтенантским было почти в два раза больше.

Еще после окончания училища у Александра Семеновича возникли проблемы со здоровьем. Ему даже приходилось по болезни продлевать отпуск. Не стал исключением и 1904 г. А. С. Сергеев собирался лечиться на водах в Карлсбаде, но последовало неожиданное назначение 13 января на Тихоокеанскую эскадру.

Несмотря на уговоры жены, Натальи Павловны Сергеевой, и настойчивые просьбы лечащего врача

**Лейтенант А. С. Сергеев**

Александр Семенович все же решил ехать на Дальний Восток (с заездом к отцу в Курск). Узнав же о начале войны с Японией, он прямо заявил, что откладывать отъезд больше нельзя. На протесты врача ответил, как отрубил: «Что же, когда мирное время и нам платят жалование — мы здоровы, а когда война — больны?!»

Н. П. Сергеева впоследствии вспоминала, что по прибытии в Порт-Артур А. С. Сергеев принял миноносец «Стерегущий» и очень волновался во время первого выхода в море, так как не знал ни корабля, ни команды, ни навигационной обстановки (что было присуще многим командирам Тихоокеанской эскадры). Но, если не считать простуды и огромного флюса, все обошлось благополучно. Он даже сходил в баню, надеясь вылечиться этим исконно русским способом. После чего последовал неожиданный вызов к командующему флотом. Оказалось, что миноносец «Сторожевой», назначенный в дальнюю разведку этой ночью, неисправен и в паре с миноносцем «Решительный» пойдет «Стерегущий».

Вступив в командование флотом, вице-адмирал С. О. Макаров решил усилить разведку, для чего организовал почти ежедневные выходы миноносцев в море. Уже на следующий день по прибытии в Порт-Артур он вызвал к себе командиров миноносцев «Решительный» и «Стерегущий» — капитана 2-го ранга Ф. Э. Боссе и лейтенанта А. С. Сергеева, поручив им подробный осмотр побережья.

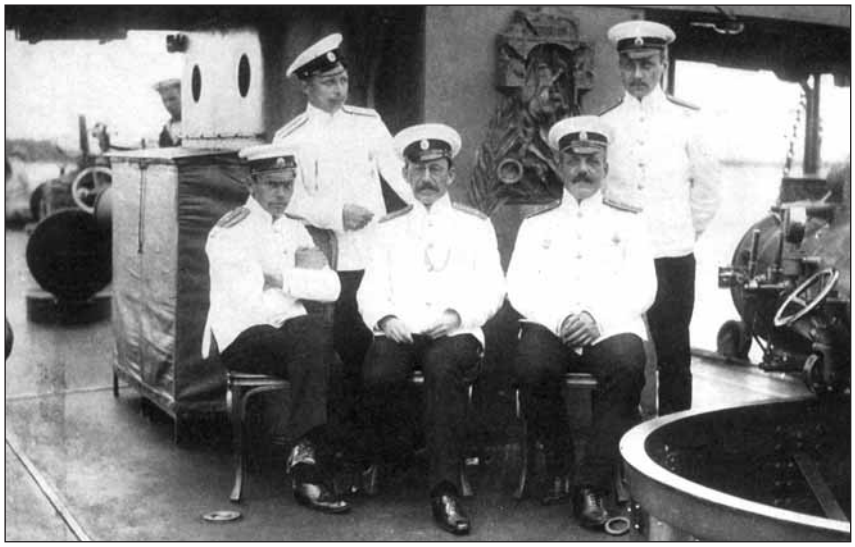
Оба миноносца, закончив приготовления к походу, 25 февраля 1904 г. около 19 ч вышли в море. На обратном пути на подходе к Порт-Артуру «Решительный» и «Стерегущий» были атакованы четырьмя японскими миноносцами. Если «Решительному» удалось прорваться в Порт-Артур, то «Стерегущий» после

Император Николай II беседует с Н. П. Сергеевой, вдовой командира «Стерегущего», 10 мая 1911 г.

часового неравного боя затонул. Японцы взяли в плен лишь четырех матросов[1].

Обеспокоенная судьбой мужа Н. П. Сергеева через месяц после гибели миноносца направила запрос о нем в японское Морское министерство в Токио и вскоре получила ответ. В нем от имени морского министра Японии адмирала Ямамото высказывалось восхищение героизмом экипажа русского миноносца, который «выказал храбрость и решительность в бою против нашего более сильного отряда». Далее прилагались сведения, собранные японцами в результате опроса моряков со «Стерегущего». Минно-машинный квартирмейстер Федор Юрьев, исполнявший обязанности боцмана и находившийся все время на верхней палубе у машинного телеграфа, вспоминал, что видел командира, лежащего на палубе миноносца, от раны под коленом он казался почти мертв. Бой был «в самом разгаре», «никто из нас не мог подоспеть ему на помощь». Три других участника боя — кочегары Иван Хиринский и Алексей Осинин, а также машинист 2-й статьи Василий Новиков — утверждали, что командир, уже после ранения, был убит осколком снаряда, попавшим ему в голову, тело его осталось на миноносце. В заключение вдове в весьма учтивых выражениях высказывались «самые глубокие соболезнования» и сожаление, что она лишилась «своего славного супруга, погибшего за Отечество». Вместе с командиром «Стерегущего» погибли и его доблестные офицеры: лейтенант Николай Семенович Головизнин, инженер-механик Владимир Спиридонович Анастасов, мичман Константин Владимирович Кудревич и 45 матросов. Оставшиеся в живых четверо моряков после возвращения из плена на родину за мужество и отвагу, проявленные на миноносце «Стерегущий» в бою с японскими кораблями, были представлены к награждению знаком отличия Военного ордена (Георгиевским крестом) IV степени.

10 мая 1911 г. в Санкт-Петербурге на Каменноостровском проспекте состоялось торжественное открытие памятника миноносцу «Стерегущий». На его открытии присутствовали тысячи петербуржцев и приглашенных. Войска прошли торжественным маршем, отдавая честь павшим героям. Император Николай II (в морской форме с Андреевской лентой) имел длительную беседу с вдовой командира миноносца Н. П. Сергеевой. Здесь же находился и вызванный в Санкт-Петербург по этому случаю один из четырех оставшихся в живых героев «Стерегущего» кочегар 1-й статьи Алексей Осинин. Одет он был в морскую форму первого срока. Царь подошел к нему и собственноручно прикрепил на фланельку рядом со знаком отличия Военного ордена IV степени его следующую — III степень и поблагодарил матроса за верную службу Отечеству. Такая же награда была пожалована и другим троим матросам со «Стерегущего». Кроме всех прочих заслуг Осинин спас единственную реликвию с миноносца — икону Христа Спасителя, которую сохранил и в японском плену. По прибытии на родину он передал ее на построенный в 1906 г. минный крейсер (позднее эсминец), унаследовавший славное имя «Стерегущий». Среди многих венков, возложенных к памятнику, был венок от матросов этого корабля, на атласной ленте которого была надпись: «Миноносец "Стерегущий" — "Стерегущему"». Автором памятника и одновременно его исполнителем являлся художник и скульптор



Памятный барельеф памятника «Стерегущему» на эскадренном миноносце «Стерегущий» постройки 1906 г.

[1] Подробнее о бое миноносца «Стерегущий» с японскими кораблями см.: Судостроение. 2004. № 3.

Константин Васильевич (Вильгельмович) Изенберг (1859—1911). И сегодня этот памятник является украшением Санкт-Петербурга.

Имя миноносца «Стерегущий» унаследовало несколько кораблей отечественного флота. Это уже упомянутый миноносец постройки 1906 г. и эсминец пр. 7, построенный в 1939 г., а затем большой противолодочный корабль пр. 61 Краснознаменного Тихоокеанского флота. Вскоре после русско-японской войны в Сибирской флотилии появилось два эскадренных миноносца, наименованных в честь офицеров «Стерегущего»: «Лейтенант Сергеев» и «Инженер-механик Анастасов». В честь легендарного миноносца в 1948 г. названо село — Стерегущее (на Крымском полуострове). В 1962 г. ученые-гидрографы присвоили имя Стерегущий острову в море Лаптевых. Имя командира миноносца «Стерегущий» присвоено сегодня одной из улиц на его родине в Курске. Там фамилия Сергеевых была увековечена еще в начале XX века в селе Стаканово Черемисиновского района, где отец командира миноносца «Стерегущий» С. А. Сергеев поставил на свои средства церковь в память о сыновьях Александре и Николае, павших при обороне Порт-Артура (последний был офицером-артиллеристом). Очевидцем всех событий в Порт-Артуре с самого начала русско-японской войны был двоюродный брат обоих офицеров — банковский служащий Алексей Степанович Сергеев (1886—1954). Он стал автором исторических романов «Варяг» и «Стерегущий», объединенных одной темой — русский флот в русско-японской войне, одним из героев которой был русский морской офицер, командир миноносца «Стерегущий» Александр Семенович Сергеев.

**Памятник миноносцу «Стерегущий» в наши дни**

**Литература**

РГАВМФ, ф. 406, оп. 3, д. 54, л. 551—555; ф. 418, оп. 1, д. 5869, л. 38.
Список лейтенантов и мичманов. Ч. II. СПб.: типография Морского министерства, 1903.
Список генералов, штаб- и обер-офицеров корпусов Морского ведомства и числящихся по корпусам. СПб.: типография Морского министерства, 1903.

# О РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ СОВЕТСКИХ ПОДВОДНЫХ ЛОДОК В ВЕЛИКУЮ ОТЕЧЕСТВЕННУЮ ВОЙНУ 1941—1945 гг.

**А. В. Платонов,** докт. воен. наук

УДК 355.496:623.827

В мировой практике результативность боевых действий подводных лодок (ПЛ) во второй мировой войне определялась на трех этапах. На первом анализировался доклад командира ПЛ и на его основании делался вывод о результативности применения оружия (по представленным материалам объективного контроля: кино- и фотопленки, записи рекордеров гидроакустических станций и т. д.). На втором этапе (еще в ходе войны) первичные данные постоянно уточнялись всеми возможными способами и, прежде всего, на основании разведывательных данных флота и других видов вооруженных сил. На этом этапе вырисовывалась довольно стройная картина происшедших событий (хотя ошибки не исключались). Третий этап (после окончания войны) — анализ публикаций документов обеих противоборствующих сторон, воспоминаний очевидцев событий «с другой стороны».

Что касается первого этапа, то в советском флоте какие-либо средства объективного контроля отсутствовали. Командир видел объект атаки (в лучшем случае) до пуска торпед, дальнейшее наблюдение в перископ, особенно при атаке днем хорошо охраняемого конвоя, могло быть равносильно самоубийству. Взрывы, которые экипаж мог слышать в отсеках, далеко не всегда указывали на попадания торпед в цель. Районы атак наших ПЛ часто изобиловали всевозможными скалами, отмелями или находились непосредственно у уреза воды, что и являлось причиной взрыва торпед (только на Севере зафиксировано более 20 подобных случаев). Имело место самопроизвольное срабатывание взрывателей торпед (документально зафиксировано 14 случаев). За взрывы собственных торпед иногда принимались другие взрывы, например, глубинных бомб.

Не наблюдая за ходом атаки, а только зафиксировав взрывы, командир волен был считать атаку успешной. Средства наблюдения просто не позволяли получить более достоверную информацию без риска быть потопленным. Также не следует очень строго подходить к некоторому завышению тоннажа атакуемых судов и класса боевых кораблей. Командир мог наблюдать их буквально доли минуты в условиях плохой видимости или невыгодного ракурса. Проблема усугублялась малой изученностью не только иностранных боевых кораблей, но и гражданских судов. В лучшем случае быстро отличали танкер от сухогруза, остальные суда практически не идентифицировались.

Командование все же пыталось ввести общие критерии, позволявшие считать противника уничтоженным (приказ наркома ВМФ № 0408 от 3 июня 1943 г.). В частности, ПЛ могла претендовать на победу если:

зафиксированы звуки взрыва выпущенных торпед в соответствии с временем прохождения ими своего пути, дальностью торпедной стрельбы, количеством торпед в залпе (вероятность попадания), размером и параметрами движения цели, с подтверждением гибели корабля противника разведывательными и агентурными данными;

командиром наблюдался факт потопления корабля противника после залпа при атаке из подводного

Погрузка торпед на подводную лодку Краснознаменного Балтийского флота

или надводного положения (с указанием времени наблюдения и краткой характеристикой поведения и действий корабля противника);

имелись разведывательные и агентурные данные, подтверждающие донесение о факте потопления корабля противника.

На деле все это не имело объективного подтверждения. Несмотря на наличие в перископах дальномера, дистанция до цели практически всегда определялась на глаз. Однако, зафиксировав взрыв торпеды, можно было лишь судить о расстоянии, которое она прошла, а соответствует ли это расстояние дистанции до цели — вопрос другой. При этом следует учитывать, что, например, наблюдение за гибелью цели при атаке из подводного положения почти всегда было чревато контратакой противолодочных сил и было скорее исключением, чем правилом. Разведданные практически не влияли на уточнение достоверности результатов атак ПЛ. (Разведка не смогла, к примеру, определить состояние линкора «Тирпиц» после его атаки ПЛ К-21 в июле 1942 г.).

Сейчас (за редким исключением) несложно проследить за судьбой любого из иностранных кораблей или судов, участвовавших в боевых действиях. Естественно, достоверность полученных результатов во многом зависит от полноты информации, предоставляемой другой страной.

Советский Союз сразу после войны засекретил всю информацию не только о своих потерях, но и о предполагаемом ущербе, нанесенном флотам противников. В настоящее время в Центральном военно-морском архиве открыты практически все отечественные источники периода Великой Отечественной войны. Нашим историкам стали доступны документы архивов Германии, Великобритании и США. В нашей стране стали появляться работы иностранных авторов, посвященные деятельности германского флота в операционной зоне наших флотов в годы войны.

Все это дает возможность уточнить результативность боевой деятельности советских ПЛ. Сейчас можно с определенной долей уверенности утверждать, что во время Великой Отечественной войны 1941—1945 гг. советские подводники на европейском театре торпедами потопили не менее 81 судна валовой вместимостью 255 793 брт. Сюда входят и восемь малотоннажных судов и судов технического флота: рыболовный траулер и землечерпалка (КБФ), две парусно-моторные шхуны, два буксира и две самоходные баржи (ЧФ). Атаки, не нашедшие подтверждения противной стороной, но успешные по анализу отечественных материалов, считаются недостоверными. За этот же период на минах, выставленных советскими ПЛ, с большой степенью достоверности уничтожено 16 судов общим тоннажом 35 909 брт. В годы войны советские ПЛ потопили артиллерийским огнем 24 судна (3497 брт), из которых только четыре являлись транспортами (СФ и КБФ), а остальные — рыболовными траулерами, мотоботами и шхунами. В итоге советские ПЛ уничтожили не менее 121 судна различного предназначения валовой вместимостью 295 055 брт.

Кроме указанных «гражданских» судов торпедами было потоплено 18 военных кораблей противника, в том числе две ПЛ, 11 эскортных кораблей и катеров (противолодочных — типа UJ, сторожевых — Vs и охраны гаваней — Hs), тральщик и четыре десантных корабля. В то же время на минах, выставленных советскими ПЛ, погибли: ПЛ, два миноносца, минный заградитель, по два противолодочных и сторожевых корабля, три десантных корабля и два катерных тральщика. Артиллерией ПЛ потоплены противолодочный корабль, десантный корабль и грузовой паром типа «Siebel». В итоге советские подводники уничтожили 34 корабля (три ПЛ, два миноносца, 16 эскортных кораблей, минный заградитель, тральщик и два катерных тральщика, восемь десантных кораблей и самоходный паром).

Помимо этого в ходе военных действий советские подводники всеми видами оружия повредили транспорт и самоходную баржу суммарным тоннажом 3255 брт, а также тральщик, учебное судно и сторожевой корабль.

С 22 июня 1941 г. по 9 мая 1945 г. Северный, Краснознаменный Балтийский и Черноморский флоты потеряли 98 ПЛ, из которых 80 погибло непосредственно в боевых походах. То есть на каждую погибшую подлодку приходится менее двух потопленных целей.

Эти достаточно скромные результаты стали следствием общего положения дел, сложившихся в Красной Армии и на флоте (и в подводных силах, в частности) накануне Великой Отечественной войны. К сожалению, опыт не то что первых лет второй мировой войны, но и советско-финляндской и даже первой мировой до конца осознан не был. Прежде всего это выразилось в том, что основным методом применения подлодок оставался самый неэффективный — позиционный, хотя документами их предусматривались целых три, в том числе крейсерство оди-

ночных подлодок или их групп, а также метод завес.

Вскрывшиеся во время войны с Финляндией недочеты в подготовке наших лодок не были устранены (стрельба одиночными торпедами и торпедами на малых глубинах и с малой установкой глубины хода торпед, низкая эффективность 45-мм пушек). Меры, принятые для повышения боевой подготовки сил флота в 1940 г., оказались недостаточными, что сказалось на эффективности действий ПЛ во время Великой Отечественной войны (особенно в начальный ее период).

С началом Великой Отечественной войны боевая подготовка ПЛ, находящихся в строю, практически прекратилась, а вступающие в строй ограничивались отработкой элементарных задач, главным образом по управлению кораблем. К концу 1941 г. стала очевидной необходимость вновь организовать на флотах боевую подготовку, для чего был издан перечень задач по отработке их в военное время. Все экипажи ПЛ, готовившиеся к действиям на коммуникациях, тренировались, в первую очередь, в торпедных атаках по тихоходным транспортам. Больше внимания уделялось артиллерийской подготовке.

Часть задач отрабатывалась в Кольском заливе. Учения, требовавшие большого простора, проводились на Кильдинском плесе. Перед их началом осуществлялся поиск ПЛ противника. Учения обеспечивали корабли охраны водного района и истребительная авиация, дежурившая на аэродроме.

На Черном море организация боевой подготовки с началом военных действий особой трудности не вызывала, так как противник помех ей не создавал. Обычно выбирался район, прикрытый нашими минными заграждениями, приходилось заботиться только о безопасности мишени от возможной атаки со стороны ПЛ противника (до октября 1942 г. на Черном море противник имел всего одну румынскую ПЛ).

Тяжелые условия для боевой подготовки сложились на Балтике, где везде были вероятны атаки противника. Поэтому испытания (после ремонта) проводили на Неве (между Охтинским и Железнодорожным мостами в ложбине с 20-метровой глубиной). Сильное течение,

Артиллерийские учения на подводной лодке типа «Щ» Черноморского флота

наличие отмелей, стоящие корабли — все это создавало исключительно трудные условия для обучения личного состава, особенно рулевых-горизонтальщиков. Немногим лучше обстояло дело в Кронштадте, где теоретически можно было проводить тренировки на Большом кронштадтском рейде. Однако силы охраны водного района не гарантировали там безопасность от минной угрозы и атак самолетов. О проведении торпедных стрельб даже речи не велось. В этих условиях организовывали боевую подготовку непосредственно в самом боевом походе. Особенно это было тяжело для экипажей ПЛ, выходивших в поход впервые.

В 1942 г. особой разницы в подготовленности экипажей действующих и только вступивших в строй ПЛ не существовало. Какие-либо учения можно было проводить только в центральной части Балтийского моря, но для этого надо было пройти самый сложный участок — Финский залив. Везением можно считать прорыв некоторых ПЛ в Балтику. Например, С-13 под командованием П. П. Маланченко в сентябре—октябре 1942 г. действовала в Ботническом заливе. После суточного учения (сразу после выхода из Финского залива) имели место 15 срывов торпедных атак (подлодка даже не смогла выпустить торпеды). Шесть из них по вине горизонтальщиков, семь — сигнальщиков, две — трюмных.

Еще до начала Великой Отечественной войны руководящими документами предусматривались три метода применения ПЛ. Первый из них — позиционный, отработанный в системе оперативной и тактической подготовки еще задолго до войны и рекомендованный Наставлением по боевой деятельности, с первых дней военных действий стал основным, хотя в известной мере признавался малоэффективным из-за своей пассивности.

Этот метод был вполне оправдан, когда позиции назначались на выходах кораблей противника из узкостей или на маршрутах движения противника, известных с высокой степенью достоверности. Но были и другие причины широкого использования подводниками именно этого метода — прежде всего отсутствие взаимодействия с разведывательной авиацией, низкое качество отечественных гидроакустических средств и слабая подготовка командиров кораблей и соединений по групповому и маневренному применению ПЛ. Получалось так, что отсутствие разведданных и какого-либо взаимодействия с другими силами флота, мизерные дальности обнаружения целей собственными средствами просто вынуждали командиров ПЛ «оседлать» какую-либо из ранее известных коммуникаций и ждать там противника.

Позиционно-маневренный метод (частично применявшийся в 1942 г. и более широко в 1945 г.) позволял проявлять инициативу по поиску объектов атаки вдоль всей коммуникации противника, не счи-

таясь с границами позиции. Но без оперативных разведданных и радиолокации он тоже был малоэффективен.

Маневренный метод включал: крейсерство одиночных ПЛ в ограниченных районах, маневрирование между обусловленными заранее позициями, обслуживание двумя ПЛ одной позиции и нависающие завесы. Крейсерство одиночных ПЛ предоставляло им свободу маневрирования для более активного поиска противника и его атаки. В общем случае оно преследовало цель ограниченными силами ПЛ воздействовать на противника в обширных районах на большом протяжении вражеских сообщений. Однако чем больше район, тем важнее становились разведданные для наведения ПЛ на противника. Этот вопрос до конца войны так и не был решен, и данный метод существовал только в теории.

Метод маневрирования между заранее обусловленными позициями еще в большей степени, чем крейсерство, нуждался в разведке для установления маршрутов движения судов противника — иначе этот метод тоже был малоэффективен.

На Севере смена ПЛ на позициях сначала проходила в базе. Это позволяло командиру уходящей ПЛ получить самую свежую информацию об обстановке в районе из первых рук. Однако в этом случае на позиции длительное время вообще не было ПЛ. Поэтому стали применять обслуживание одной позиции двумя ПЛ с поочередным отходом их с позиции для зарядки аккумуляторных батарей. Однако эти районы быстро становились известными противнику, и ПЛ подвергались ожесточенным атакам с воздуха. В результате от этого метода вскоре пришлось отказаться.

В 1944 г. применялся метод использования ПЛ нависающими завесами, разработанный на Северном флоте в 1943 г. Группа ПЛ, развернутых вдоль прибрежных сообщений противника, занимала районы (позиции ожидания) в 20—30 милях от береговой черты. После получения данных от разведки о движении судов каждая ПЛ оставляла позицию ожидания и кратчайшим курсом и наибольшей скоростью хода следовала на перехват противника для его атаки. Сведения о движении противника обычно передавались через береговую радиостанцию штаба флота. После атаки ПЛ возвращались в район позиции ожидания, данные об атаке сообщались командованию для передачи на другие лодки.

Погрузка мин на подводную лодку К-21 Северного флота

Основная цель этого метода заключалась в желании командования флота свести до минимума необходимость форсирования подлодками германских минных заграждений, которые (как уже к тому времени стало достоверно известно) являлись главной причиной гибели наших ПЛ. Метод нависающей завесы требовал надежных разведданных, в противном случае он превращался в вариант позиционного метода, когда ПЛ были вынуждены осуществлять поиск противника самостоятельно, покидая позиции ожидания. В 1944 г. этот метод пытались реализовать при действиях разнородных сил флота на коммуникациях противника. При этом предусматривались действия ПЛ одновременно с авиацией, эсминцами или торпедными катерами. Однако реально из этого ничего не получилось, во всяком случае ПЛ продолжали действовать самостоятельно.

Групповые действия ПЛ до и во время войны не отрабатывались. Одной из причин этого являлось мнение командования ВМФ, которое выразил на совещании командующих флотов, проходившем со 2 по 10 декабря 1940 г., первый заместитель наркома ВМФ адмирал И. С. Исаков. Он заявил, что собирать ПЛ «в кулак» было бы негибким их применением, поскольку централизованное управление группой проблематично, а ПЛ, ничем не стесненная в маневрировании, дает максимальный эффект. С технической точки зрения групповые действия ПЛ не были обеспечены надежными средствами подводной связи. Попытка совместного боевого похода ПЛ К-3 и К-22 Северного флота, предпринятая в 1943 г., закончилась неудачно: связь между ПЛ вскоре была потеряна, и они продолжали действовать в одиночку. В дальнейшем групповые действия ПЛ не возобновлялись.

Наиболее тесно ПЛ взаимодействовали с разведывательной авиацией. Это выражалось в поиске кораблей противника самолетами и наведении на обнаруженную цель ПЛ. В свою очередь, ПЛ передавали сведения о противнике в другие соединения, действовавшие в море. Взаимная информация применялась довольно широко, особенно на последнем этапе войны, однако низкая оперативность связи редко позволяла ею воспользоваться.

В торпедном отсеке подводной лодки перед выстрелом

В начальный период войны основным способом торпедных атак отечественных ПЛ являлась прицельная стрельба. Из-за того, что элементы движения цели определялись исключительно

на глаз, успешность стрельб в первый год войны оказалась крайне низкой.

Осенью 1941 г. на Полярный базировалось несколько британских ПЛ. У них «подсмотрели» способ стрельбы с временны́м интервалом, который называли «английским». В этом случае торпеды шли «гуськом» (одна за другой).

Подводные лодки в базе

Существовало три варианта стрельбы. Первый предусматривал выпуск двух торпед за время, необходимое цели, чтобы пройти расстояние, равное своей длине, второй вариант — выпуск трех торпед за время, необходимое для прохождения целью двух своих длин, третий вариант — четырех торпед и трех длин цели. Прицеливание осуществлялось по форштевню, на полкорпуса и на корпус цели впереди соответственно. Таким образом, торпеды пересекали курс цели как бы в одной точке, но последовательно и перекрывали ошибки определения элементов движения цели. Первым методом пользовались при точном (по мнению командира) определении элементов движения цели. Вторым — когда заведомо имелись ошибки, но дистанция стрельбы небольшая, а третьим — при большой дистанции стрельбы. Этот метод оказался явно более эффективным, чем стрельба одиночной торпедой или залпом с постоянным углом упреждения, но более проблематичным (использование трех таблиц и прицеливание в пустое место). При этом атакующая ПЛ длительное время (до 30 с) лежала на боевом курсе, а уклонение цели от одной торпеды приводило к промаху всех торпед. Все это создавало большие сложности в освоении метода. Британцам было гораздо легче, так как их ПЛ имели гидролокационные станции и приборы управления торпедной стрельбой со счетно-решающим прибором. Так что многое из того, что советский командир должен был определять визуально и рассчитывать в уме, британскому — выдавали приборы.

С января 1942 г. начали применять упрощенный метод стрельбы с временным интервалом, который сначала называли «веером». Он заключался в том, что величина временных интервалов пусков торпед зависела не от длины цели и ее скорости, а от дальности стрельбы и числа выпускаемых торпед. При этом в расчеты сразу заложили ошибки определения скорости цели (2 уз) и курса (10°). Исходя из этого, рассчитывалось несколько углов упреждения. Зная длину цели и дальность до нее, командир подбирал из таблицы такой интервал времени между пусками торпед, чтобы каждая из них пересекала один из частных курсов цели (из сектора ошибок ± 10°) в один из моментов времени (из интервала ошибок ± 2 уз). Правда, проблемы определения дальности до цели и ее длины оставались.

В 1941 г. принимается на вооружение гироскопический прибор МО-3, который позволял устанавливать угол отклонения торпеды от пеленга стрельбы с точностью до 10'. Теперь стало возможным осуществлять стрельбу торпедным залпом при помощи установки угла растворения гироскопического прибора торпед. Однако в то время торпедные аппараты не имели прибора, с помощью которого можно было бы ввести требуемые углы отклонения в торпеду перед залпом (ПУПО). Поэтому «веер» создавали еще перед загрузкой торпед в аппараты путем установки в их приборы МО-3 различных углов отклонения, исходя из неких среднестатистических скоростей цели и дистанций стрельбы. Если командир действительно хотел выполнить стрельбу «веером» (при заданной скорости цели), он обязан был стрелять с вполне определенной дистанции. В реальной обстановке это было почти невозможно, а потому данный метод стрельбы можно назвать «псевдовеер».

Приборы ПУПО на ПЛ стали устанавливать только в 1944 г. Именно после этого и началось внедрение на флотах более прогрессивного способа залповой стрельбы торпедами — «веером», но уже настоящим. Однако из-за неподготовленности личного состава в реальных боевых действиях этот метод так и не применили.

В заключение необходимо подчеркнуть, что, оценивая результативность советскиих ПЛ, надо помнить, что наши подводники воевали в исключительно сложных условиях. И дело не только в уникальности противолодочного рубежа в Финском заливе. Сложность ведения боевых действий для советских подводников заключалась в объективных физико-географических условиях регионов, в особенностях противолодочной борьбы противника, в отсутствии необходимого обеспечения и эффективной боевой подготовки. Последнее касается как технических (гидроакустика, средства связи, шумность работы приборов и механизмов и т. д.), так и оперативно-тактических вопросов (разведка, управление, обеспечение развертывания из баз и возвращения). В этих условиях, безусловно, необходимо признать огромное мужество, проявленное советскими подводниками буквально в каждом боевом походе.

**Литература**

Боевая деятельность подводных лодок ВМФ СССР в Великую Отечественную войну 1941—1945 гг. М., 1968. Т. 1—3.
*Богатырев С. В., Ларинцев Р. И.. Овчаренко А. В.* Морская война в Заполярье 1941—1945. Справочник-хроника. Северодвинск, 2001.
*Богатырев С. В., Ларинцев Р. И., Овчаренко А. В.* Морская война на Балтике 1941—1945. Справочник-хроника. Ч. I. Архангельск, 1997.
*Богатырев С. В., Ларинцев Р. И., Овчаренко А. В.* Потери ВМФ противника на Черноморском ТВД. 1941—1944 гг. Киев, 1998.
*Морозов М.* Подводные лодки ВМФ СССР в Великой Отечественной войне 1941—1945 гг. Летопись боевых походов. Ч. I—III. М., 2001—2005.
ЦВМА, ф. 2, 767, 161, 1087.
*Gröner E.* Die deutschen Kriegsschiffe 1815—1945». Bd. 3. Koblenz, 1985.
*Rohwer J.* Allied Submarine Attacks of World War Two. European Theatre of Operations 1939—1945. L., 1997.

# РЕФЕРАТЫ

УДК 339.92:623.8/9 **Ключевые слова:** военное кораблестроение, военно-техническое сотрудничество, проектирование.

**Спиридопуло В. И. Военно-техническое сотрудничество с зарубежными странами//Судостроение. 2006. № 2. С. 10—13.**
Рассматриваются вопросы военно-технического сотрудничества Северного ПКБ с ВМС ряда зарубежных стран, приводится описание кораблей, спроектированных для Индии, Китая и Вьетнама. Рассказывается о проектировании перспективных кораблей на экспорт. Ил. 4.

УДК 623.823 **Ключевые слова:** эскадренные миноносцы, строительство, вооружение, модернизация.

**Мишин В. П. Эскадренные миноносцы пр. 956 «Сарыч»//Судостроение. 2006. № 2. С. 13—18.**
Приводятся чертежи, тактико-технические элементы и описание эскадренных миноносцев пр. 956 (шифр «Сарыч»). Рассказывается об их проектировании и постройке. Рассматриваются варианты модернизации. Ил. 4. Табл. 2.

УДК 623.823 **Ключевые слова:** военное кораблестроение, проектирование, большой противолодочный корабль.

**Голяк В. И. Большой противолодочный корабль пр. 1155 «Фрегат»//Судостроение. 2006. № 2. С. 18—21.**
Рассказывается о проектировании и постройке больших противолодочных кораблей пр. 1155 (шифр «Фрегат») и 11551. Приводятся тактико-технические элементы и описание кораблей. Ил. 4. Табл. 3.

УДК 629.5.01:629.562 **Ключевые слова:** проектирование, промысловый флот, рефрижераторное судно, балкер.

**Овсянников С. И. Северное ПКБ — промысловому и торговому флоту//Судостроение. 2006. № 2. С. 22—26.**
Прослеживаются этапы участия СПКБ в создании судов для промыслового и транспортного флота. Рассматриваются перспективные проекты гражданских судов для морского флота России и на экспорт. Ил. 7.

УДК 629.5.031/038.001.63 **Ключевые слова:** гидродинамика, движительно-рулевой комплекс, ходовые качества.

**Проектирование пропульсивного комплекса судна ограниченного района плавания на базе современных методов вычислительной гидродинамики/Л. И. Вишневский, Г. В. Егоров, Б. Н. Станков, А. В. Печенюк//Судостроение. 2006. № 2. С. 27—31.**
Рассказывается об опыте использования методов вычислительной гидродинамики и результатов модельных испытаний при разработке обводов кормовой оконечности и пропульсивного комплекса судна ограниченного района плавания пр. RSD19. Ил. 10. Табл. 1. Библиогр.: 7 назв.

УДК 626/627:624.042.43 **Ключевые слова:** ледокол, гребной винт, требования.

**Андрюшин А. В. Новые требования Российского морского регистра судоходства к пропульсивным комплексам ледокольных судов//Судостроение. 2006. № 2. С. 31—32.**
Дается информация о новых требованиях к лопастям гребных винтов, механизму изменения шага, упорным подшипникам и другим элементам пропульсивного комплекса судов ледового плавания, в том числе типа DAT. Библиогр.: 2 назв.

УДК 629.5.024.1:629.57 **Ключевые слова:** водоизмещающе-глиссирующее судно, сопротивление воды, корпус, гидролыжа.

**Лобынцев Ю. И. Скоростные водоизмещающие суда нового типа//Судостроение. 2006. № 2. С. 33—35.**
Приводится описание особенностей и преимуществ водоизмещающе-глиссирующего корпуса судна, состоящего из водоизмещающей нижней подводной части, имеющей малую среднюю ширину и высокое относительное удлинение, и верхней надводной глиссирующей части, ширина которой значительно превышает ширину подводной части. Ил. 4.

УДК 621.436.05:629.5 **Ключевые слова:** подводная лодка, анаэробная энергетическая установка, рабочий процесс, математическая модель.

**Агафонов А. И., Замуков В. В., Терехин А. Н. Методы расчета рабочего процесса дизеля анаэробной энергетической установки//Судостроение. 2006. № 2. С. 36—39.**
Предлагается методика построения математической модели процесса сгорания топлива в цилиндрах дизельного двигателя при его работе на искусственной газовой смеси. Приведены расчетные формулы и регрессионные зависимости, позволяющие определить основные рабочие параметры двигателя различной конструкции в зависимости от состава рабочего тела. Ил. 1. Библиогр.: 3 назв.

УДК 621.311:629.5 **Ключевые слова:** электрооборудование, единая электроэнергетическая система, технические условия, качество, совместимость.

**Лазаревский Н. А., Токарев Л. Н. Кто отвечает за судовую электротехническую систему в целом?//Судостроение. 2006. № 2. С. 40—42.**
Рассматривается важный организационно-технический вопрос об ответственности за качество функционирования электротехнической системы в целом. Обращается внимание проектантов судов и кораблей на то, что качество системы, состоящей из электрооборудования, удовлетворяющего техническим условиям, может не соответствовать не только требованиям заказчика, но и правилам Российского морского регистра судоходства. Предлагается составлять технические условия на систему и назначать научно-исследовательскую организацию, отвечающую за качество работы системы в целом.

УДК 681.12:629.553 **Ключевые слова:** датчик, танкер, груз, измерение, Арктика.

**Одегова О. В. Комплекс технических средств для судов арктического плавания//Судостроение. 2006. № 2. С. 42—44.**
Приводится краткое описание нового прибора TGD для измерения уровня, температуры, давления и плотности груза в танках в условиях низких температур, а также других судовых технических средств фирмы «Валком». Ил. 2.

УДК 626.022.1 **Ключевые слова:** водолазные работы, глубоководные комплексы, газовые смеси.

**Ильин Н. А. Водолазные комплексы для выполнения работ на глубинах более 300 м//Судостроение. 2006. № 2. С. 44—48.**
Прослеживаются тенденции развития глубоководных водолазных комплексов (ГВК) в передовых развитых странах, приведены основные характеристики наиболее совершенных ГВК и их комплектующих изделий. Ил. 5. Табл. 2.

УДК 621.675 **Ключевые слова:** вспомогательный и центробежный турбонасосы, осушение трюмов, свободновихревое колесо, напор, частота вращения.

**Шекун Г. Д. Замена центробежного рабочего колеса свободновихревым в конструкции вспомогательного турбонасоса//Судостроение. 2006. № 2. С. 49—50.**
Дается информация о проекте модернизации вспомогательного турбонасоса, в котором вместо центробежного рабочего колеса установлено свободновихревое. Показано, что в сочетании с высокооборотным турбоприводом возможно создание серии турбонасосов повышенной подачи и с существенно более низкой металлоемкостью. Ил. 5. Библиогр.: 5 назв.

УДК 389.1 **Ключевые слова:** калибровка, напряженность электромагнитного поля, измерение.

**Марков В. Г. Методические вопросы калибровки измерителей напряженности электромагнитных полей в проводящих средах//Судостроение. 2005. № 6. С. 50—53.**
Рассматриваются особенности построения методик калибровки измерителей напряженности электромагнитного поля в проводящих средах, таких как морская вода, почва. Показано, что в подобных средах, в отличие от воздушной среды, требуется выполнение дополнительных операций, повышающих трудоемкость калибровки. Приведены формулы для расчета напряженности электрической и магнитной составляющих поля в устройствах калибровки различных типов. Ил. 5. Библиогр.: 9 назв.

УДК 621.791.755.037-52 **Ключевые слова:** сварка, наплавка, полуавтомат, плазма.

**Горбач В. Д., Бочкарев В. П., Назарук В. К. Полуавтоматическая плазменная сварка и наплавка неплавящимся электродом изделий из алюминиевых сплавов и коррозионностойких сталей//Судостроение. 2006. № 2. С. 54—58.**
Приводится описание разработанного ФГУП ЦНИИТС полуавтомата для механизированной сварки и наплавки неплавящимся электродом на постоянном токе обратной полярности тонколистовых конструкций из алюминиевых сплавов и коррозионностойких сталей, а также соответствующих рабочих режимов. Ил. 5. Табл. 5.

УДК 623.827 **Ключевые слова:** подводная лодка, военное кораблестроение, история судостроения.

**Кондратенко Р. В., Рассол И. Р. Малые подводные лодки Военного ведомства//Судостроение. 2006. № 2. С. 74—78.**
Продолжение рассказа о проектировании и строительстве подводных лодок конструкции С. К. Джевецкого по заказу русского Военного ведомства (начало см.: Судостроение. 2006. № 1. С. 73—78) в середине 80-х гг. XIX в. Ил. 5. Библиогр.: 18 назв.

УДК355.494(092) **Ключевые слова:** история флота, миноносец, война.

**Федоров М. Р., Афонин Н. Н. Командир миноносца «Стерегущий»//Судостроение. 2006. № 2. С. 78—80.**
Рассказывается о судьбе командира миноносца «Стерегущий» лейтенанта А. С. Сергеева, погибшего в бою с японскими кораблями 26 февраля 1904 г. под Порт-Артуром. Ил. 4. Библиогр.: 3 назв.

УДК 355.496:623.827 **Ключевые слова:** военное кораблестроение, подводное кораблестроение, подводная лодка.

**Платонов А. В. О результативности боевых действий советских подводных лодок в Великую Отечественную войну 1941—1945 гг.//Судостроение. 2006. № 2. С. 80—84.**
Анализируются действия советских подводных лодок в годы Великой Отечественной войны. Рассматриваются вопросы боевой подготовки, уточняется результативность боевой деятельности ПА в минувшую войну. Ил. 5. Библиогр.: 8 назв.

# ABSTRACTS

**Spiridopulo V. I. Military technical cooperation with foreign countries**
Issues of military technical cooperation of Northern Design Bureau with the Fleets of some foreign countries are considered, description of ships designed for India, China and Vietnam is given. The author tells about designing of prospective ships for export.

**Mishin V. P. Destroyers of project 956 «Sarytch»**
Drawings, performance characteristics and description of destroyers of project 956 «Sarytch» are given. The author tells about their designing and building. Modernization variants are considered.

**Golyak V. I. Big anti-submarine ship of project 1155 «Frigate»**
The author tells about designing and building of big anti-submarine ships of projects 1155 (code «Frigate») and 11551. Performance characteristics and drawings of the ships are given.

**Ovsyannikov S. I. Northern Design Bureau for fishing and merchant fleets**
Stages of NDB participation in creation of vessels for fishing and merchant fleets are observed. Prospective projects of civil vessels for Russian Ocean fleet and for export are considered.

**Vishnevsky L. I., Egorov G. V., Stankov B. N., Pechenyuk A. V. Designing of propulsion complex for limited sailing area vessel on the basis of modern methods of calculative hydrodynamics**
The authors tell about the experience in usage of calculative hydrodynamics methods and results of model testing in development of stern configuration and propulsion complex for limited sailing area vessel of project RSD19.

**Andryushin A. V. New requirements of Russian Maritime Register for propulsion complexes of icebreaking vessels**
The author gives information about new requirements for screw blades, variable-pitch mechanism, thrust bearings and other components of propulsion complex of icebreaking vessels including DAT type.

**Lobyntsev Yu. I. High-speed displacement vessels of a new type**
The author gives description of features and advantages of displacement/skimming vessel hull that consists of displacement lower underwater part that has small average breadth and high relative length, and upper skimming part which breadth significantly exceeds the breadth of underwater part.

**Agafonov A. N., Zamukkov V. V., Terekhin A. N. Methods of calculation of anaerobic power plant diesel operating process**
The authors propose a method for building mathematical model of process of fuel burning in cylinders of diesel engine during its work on the basis of synthetic gas mixture. Calculation formulas and regression dependencies that allow to determine main operating processes of engine of various design depending from working medium composition are given.

**Lazarevsky N. A., Tokarev L. N. Who is responsible for shipboard electric system in whole?**
Important organizational/technical issue of responsibility for the quality of operation of electric system in whole is considered. The authors draw attention of vessels and ships designers to the fact that quality of the system consisting of electric equipment that satisfies technical specifications can be unsatisfactory from the point of view of the Customer and even the Rulses of Russian Maritime Register. They propose to develop technical specifications for the system and assign scientific organization that will be responsible for operational quality of the system as a whole.

**Odegova O. V. Complex of technical means for vessels of arctic sailing**
The author gives a brief description of new TGD instrument for measuring of cargo level, temperature, pressure and density in tanks in conditions of low temperatures, as well as other technical facilities of «Valkom» company.

**Iliin N. A. Diving complexes for execution of works at depths of over 300 m**
Tendencies of development of deep-sea diving complexes (DDC) in technically developed countries are overviewed, main features of most advanced DDC and ther components are given.

**Shekun G. D. Convertion of centrifugal wheel into torque flow one in auxiliary turbopump structure**
The author gives information about the project of modernization of auxiliary turbopump in which instead of centrifugal working wheel a torque flow one is installed. It is shown that in combination with high-speed turbo-drive it is possible to create a series of turbopumps with increased output and significantly lower metal intensity.

**Markov V. G. Methodical issues of calibration of electromagnetic fields intensity gages in conductive mediums**
The author considers particular features of building methods for calibration of electromagnetic fields intensity gages in conductive mediums, such as sea water, soil. It is shown that in such mediums in contrast to air medium some additional operations are to be made that make calibration more labour-intensive. Formulas for calculation of electric and magnetic field components in calibration devices of various types are given.

**Gorbach V. D., Bochkarev V. P., Nazaruk V. K. Semiautomatic plasma welding and welding deposition by nonconsumable electrode of articles made of aluminum alloys and corrosion-resistant steels**
The authors describe semiautomatic welding machine developed in CRIST and intended for mechanized reverse polarity DC welding and welding deposition by nonconsumable electrode of thin shell structures made of aluminum alloys and corrosion-resistant steels? as well as corresponding operation modes.

**Kondratenko R. V., Rassol I. R. Small submarines of Military Department**
Continuation of the story about designing and building of submarines of S. K. Djevetsky design under order of Russian Military Department (see beginning in «Shipbuilding», 2006, No. 1, pp. 73—78).

**Fyodorov M. R., Afonin N. N. Commander of torpedo boat «Stereguschy»**
The authors tell about the fate of torpedo boat «Stereguschy» Commander, lieutenant A. S. Sergeev that was killed in combat with Japanese ships on 26 February 1904 near Port-Arthur.

**Platonov A. V. To the question of efficiency of combat operations of Soviet submarines during Great Patriotic War of 1941—1945**
Actions of Soviet submarines during Great Patriotic War are analyzed. The author considers issues of combat training, defines the effectiveness of submarines activities in the past war.