СУДОСТРОЕНИЕ

Издается с 1898 г.

№ 4
1999

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

ISSN 0039-4580

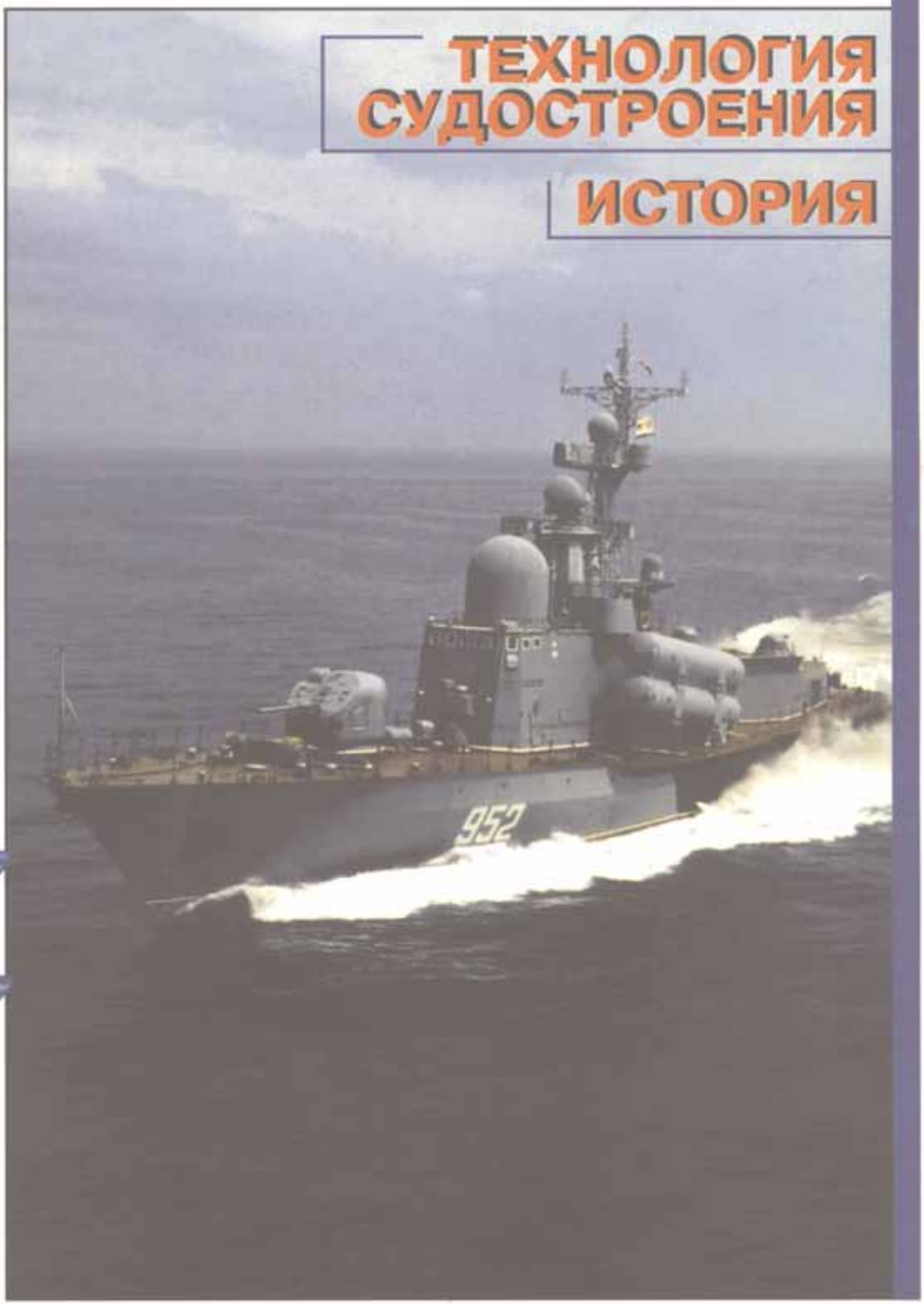
ПРОЕКТИРОВАНИЕ СУДОВ

ВОЕННОЕ КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ

СУДОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

ТЕХНОЛОГИЯ СУДОСТРОЕНИЯ

ИСТОРИЯ



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

Учредители:
Департамент судостроительной промышленности Министерства экономики Российской Федерации;
Научно-техническое общество судостроителей им. академика А. Н. Крылова

СУДОСТРОЕНИЕ 4'99

(725) июль—август
Издается с сентября 1898 г.

Главный редактор
О. П. Ефимов

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

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

Ответственный секретарь
В. В. Климов
тел. (812)186-16-09

Редакторы отделов:
Н. Н. Афонин,
В. Н. Хвалынский
тел. (812)186-16-09

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

Журнал издается Государственным научным центром ЦНИИТС

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

© Журнал «Судостроение», 1999

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СУДОВ

Шляхтенко А. В. ЦМКБ «Алмаз» — 50 лет 3
Гаврилов В. Г. «Новик» — наследник легенды 7
Ивченко А. Л. Корабли «Алмаза» на защите морских границ 8
Городянко А. А. У истоков отечественного катеростроения 10
Проектирование и строительство ракетных катеров в послевоенный период 13
Абрамовский В. А. Амфибийные десантные корабли: от «Ската» до «Зубра» 16
Корольков В. И. «Бора» и «Самум»: ударные корабли скегового типа — приоритет России 19
Кузенков А. Крылатый «Ураган» 21
Афрамеев Э. А. Проектный эксперимент: быстроходный катер — подводная лодка 23

СУДОВЫЕ СИСТЕМЫ И УСТРОЙСТВА

Сильман М. А. Завод «Компрессор» — Военно-Морскому Флоту России 27
Никифоров Б. В., Русин А. И., Скачков Ю. В. Российские аккумуляторы нового поколения для ДЭПЛ 33
Касатов В. А., Романовский В. В. Системы электродвижения для перспективных судов 35
Куляев О. П., Сахаров В. И. Усовершенствованная конструкция судовой топливной цистерны 37
Современные системы трубопроводов 40

МОРСКОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

Яновский А. И., Чернявец В. В. «Проблема 2000» для судовых систем 42

ОРГАНИЗАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ПРОИЗВОДСТВА

Коледова Т. А., Якушева Д. А. Международная практика поддержки судостроения 46

ТЕХНОЛОГИЯ СУДОСТРОЕНИЯ И МАШИНОСТРОЕНИЯ

Горынин И. В., Легостаев Ю. Л., Малышевский В. А. Конструкционные материалы для освоения углеводородных месторождений арктического шельфа 50
Грищенко Л. В., Шарапов М. Г., Бишоков Р. В. Разработка и внедрение в судостроении порошковой проволоки малого диаметра для сварки низколегированных сталей 57
Николаев Г. И., Панфилов Н. А. Полимерные композиционные материалы судостроительного назначения 59
Ушков С. С., Кудрявцев А. С., Карасев Э. А. Использование титана и легких сплавов в судостроении 61
Ушаков Б. Г. Девятая всемирная конференция по титану 67

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОТДЕЛ

Горбач В. Д. Инвестиционный проект «Верфи Санкт-Петербурга»: реструктуризация и реконструкция основных судостроительных предприятий города (71). Сергею Никитичу Ковалеву — 80 лет (74). **Хворостухина Н.** Юбилеи «Витязя» (75). На 5-й Международной выставке «Нефть и газ» (76). Зарубежная информация (77). Дайджест: ВМС и кораблестроение (39). Конференция по морским обучающим тренажерам (45)

SCIENTIFIC, TECHNOLOGICAL AND INDUSTRIAL JOURNAL

Founders:
Department of Shipbuiding of the Russian Federation Ministry of Economy;
A. N. Krylov Scientific and Technical Society of Shipbuilders

SUDOSTROENIE
SHIPBUILDING

4'99

(725) July—August
Published since September 1898

CONTENTS

SHIP DESIGN

Shlyakhtenko A.V. CMDB «Almaz» is 50 years old 3
Gavrilov V.G. «Novik» — successor of the legend 7
Ivchenko A.L. «Almaz» — designed ships guarding the sea frontiers 8
Gorodyanko A.A. At the outset of domestic boat building 10
Design and construction of guided-missile boats during the post-war period 13
Abramovsky V.A. Landing ships: from «Skat» to «Zubr» 16
Korolkov V.I. «Bora» and «Samum»: attack ships of skeg type — Russia's priority 19
Kuzenkov A. Winged «Uragan» 21
Aframeev E.A. Conceptual experiment: combination of a fast boat and submarine 23

SHIPBOARD SYSTEMS AND DEVICES

Silman M.N. «Compressor» — to the Russian Navy 27
Nikiforov B.V., Rusin A.I., Skachkov Yu.V. Russian storage batteries of new generation for DES 33
Kasatov V.A., Romanovsky V.V. Electrical propulsion systems for promising types of ships 35
Kulyaev O.P., Sakharov V.I. Improved design of shipboard fuel tank 37
Modern pipeline systems 40

MARINE INSTRUMENTS

Yanovsky A.I., Chernyavets V.V. Problem «Year 2000» for shipboard systems 42

INDUSTRIAL ENGINEERING AND ECONOMICS IN SHIPBUILDING

Koledova T.A., Yakusheva D.A. International practice of shipbuilding support 46

SHIPBUILDING AND MARINE ENGINEERING TECHNOLOGIES

Gorynin I.V., Legostaev Yu.L., Malyshevsky V.A. Structural materials for development of hydrocarbon deposits at the Arctic shelf 50
Grishchenko L.V., Sharapov M.G., Bishokov R.V. Development and implementation in shipbuilding of small-diameter flux-cored wire for welding of low-alloy steels 57
Nikolaev G.I., Panfilov N.A. Polymer composite materials for application in shipbuilding 59
Ushkov S.S., Kudryavtsev A.S., Karasev E.A. Use of titanium and light alloys in shipbuilding 61
Ushakov B.G. 9th international conference on titanium 67

INFORMATION SECTION

Gorbach V.D. Investment project «Saint-Petersburg shipyards: restructuring and updating of main shipyards» (71). Sergey Nikitich Kovalev is 80 years old (74). **Khvorostukhina N.** Jubilee of the «Vityaz» (75). Review of the 5th international exhibition «Oil and Gas» (76). News from abroad (77). Digest: Navy and shipbuilding (39). Conference on marine training simulators (45)

Подписка на журнал «Судостроение» (индекс 70890) в России и СНГ может быть оформлена в почтовых отделениях, а также непосредственно в редакции. Подписной талон — на стр. 41

На 1-й стр. обложки — ракетный катер типа «Молния», на 4-й стр. — российский РКВП «Бора» на военно-морском параде в Севастополе. В журнале использованы фотографии из собраний А. Н. Одайника, В. З. Фасахова и Н. Н. Афонина

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

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

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

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

Перевод
С. С. Стволкова

Графика
Д. Н. Демичев,
И. Б. Армеева

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

При перепечатке ссылка на журнал «Судостроение» обязательна

Издательско-полиграфическое производство АОЗТ «Белл».
195108, Санкт-Петербург,
Лабораторный пр., 23

Подписано в печать 14.09.99 г.
Формат 60 x 90/8. Гарнитура FuturaBookC.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 10.
Каталожная цена 50 руб.

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

Лицензия ЛР № 040801

ЦМКБ «Алмаз»— 50 лет

Созданное полвека назад Центральное морское конструкторское бюро «Алмаз» с самого начала было ориентировано на создание скоростных боевых катеров.

22 октября 1949 г. по приказу Наркомата судостроительной промышленности № 00896 в Ленинграде организовывается специальное конструкторское бюро (СКБ-5) по проектированию катеров дальнего действия. По приказу Минсудпрома № 037 от 16 февраля 1956 г. СКБ-5 реорганизуется в ЦКБ-5. Спустя семь лет бюро переименовывается в ЦМКБ «Алмаз» (приказ Госкомитета СМ по судостроению № 0012 от 10 января 1963 г.). Тогда же ЦКБ-19 с ленинградским Морским заводом передается ЦМКБ «Алмаз» (приказ ГКС № 016 от 17 января 1963 г.). Через несколько лет (приказ МСП № 0299 от 1 июня 1970 г.) организовывается производственно-техническое объединение «Алмаз» по созданию кораблей и судов с новыми принципами движения. В его состав вошли ЦМКБ «Алмаз» с филиалом, Приморский завод и Невский морской завод. В 1973 г. ПТО «Алмаз» переименовывается в производственное объединение — ПО «Алмаз». Спустя семь лет по приказу МСП № 246 от 24 июля 1990 г. ЦМКБ «Алмаз» выводится из состава ПО «Алмаз».

С 1949 по 1952 г. бюро последовательно возглавляли Н. М. Ухин, Н. П. Пегов и Н. С. Громов. С 1952 по 1981 г. начальником — главным конструктором был Е. И. Юхнин. Затем бюро возглавляли В. И. Корольков (1981—1989 гг.) и Я. Я. Лебедев. С июля 1992 г. начальником — генеральным конструктором ЦМКБ «Алмаз» назначен А. В. Шляхтенко. Главные инженеры бюро: П. Г. Гойнкис (с 1949 по 1962 г.), В. Ф. Ивочкин (с 1962 по 1968 г.), М. В. Псарев (с 1968 по 1971 г.), Ю. А. Ляпунов (с 1971 по 1991 г.), А. В. Шляхтенко (с 1991 г. по 1992 г.), В. А. Белинский (с 1992 по 1999 г.). С 1999 г. главный инженер ЦМКБ — А. М. Лазарев.

А. В. Шляхтенко, начальник — генеральный конструктор ЦМКБ «Алмаз»

Все эти годы ЦМКБ «Алмаз» шло по пути интенсивного поиска новых решений, экспериментов, научных и конструкторских поисков. Построенные большими сериями три поколения отечественных малых ракетных кораблей и катеров существенно повлияли на структуру флотов многих государств и сумели продемонстрировать на практике боевую эффективность. Выработанные проектные решения, применение передовых технологий, высокий технический уровень ударных ракетных и артиллерийских комплексов получил заслуженную высокую оценку специалистов и военных моряков ведущих морских держав. На протяжении 40 лет ракетные и патрульные катера неизменно демонстрировали хорошие боевые, мореходные и ходовые качества, прочность и надежность корпусов, простоту эксплуатации, высокие значения параметра «эффективность/стоимость».

Необходимо особо отметить роль бюро в формировании концепции и создании в 60-х годах нового для военного судостроения класса кораблей — ударных ракетных катеров. Труд ведущих специалистов бюро по созданию первых в мире ракетных катеров отмечен высшей степенью государственного признания научных достижений в СССР — Ленинской премией 1961 г., а также многочисленными правительственными наградами.

Надо отметить внимание к нашим успехам правительства России. Последние достижения ЦМКБ «Алмаз» — создание семейства ракетных катеров нового поколения, разработка и внедрение на быстроходных судах системы днищевых интерцепторов, не имеющей аналогов в мире, — удостоены Премии правительства РФ в области науки и техники.

ЦМКБ «Алмаз» — ведущее предприятие России в области проектирования амфибийных и камерных су-

На пьедестале славы — торпедный катер типа «Комсомолец» (пр. 123Т)

Модель торпедного катера пр. 206М на подводных крыльях

Ракетный катер пр. 205

Малый ракетный корабль пр. 12341 на Неве

дов на воздушной подушке, с ним связана вся история создания СВП в России. По 10 проектам бюро СВП различных классов строились серийно. На российских и украинских верфях построено более 90 судов водоизмещением от 27 до 550 т.

Этапом в развитии СВП стали серийно строившиеся с 1988 г. десантные корабли типа «Зубр» (пр. 12322), которые до сих пор являются самыми большими кораблями этого класса в мире.

Наряду с проектированием амфибийных СВП бюро имеет ряд перспективных разработок СВП скегового типа водоизмещением от 60 до 2500 т со скоростью хода от 40 до 60 уз. Мы по праву гордимся ракетными кораблями пр. 1239 (типа «Сивуч»), не имеющими аналогов в мировом судостроении. С этой тематикой связаны и конверсионные разработки бюро по созданию современных скоростных автопассажирских паромов для реализации концепции интермодальных перевозок «Балтийский мост».

ЦМКБ «Алмаз» давно и плодотворно сотрудничает с пограничниками страны. По проектам бюро построены сотни сторожевых кораблей и катеров пр. 125А, 1400, 205П, 1241-2 и 1241ПЭ, речных бронекатеров и мониторов пр. 1204 и 1208.

Сейчас по проекту бюро на трех заводах строятся пограничные сторожевые корабли пр. 10410, которые в ближайшие годы составят ядро морских сил Федеральной пограничной службы России.

Учитывая современную тенденцию развития служб береговой охраны, основанную на комплексном решении вопросов охраны государственной границы, исключительной экономической зоны и континентального шельфа, и объективную потребность тесного взаимодействия с таможенными и рыбоохранными органами, ЦМКБ «Алмаз» разработало три группы проектов патрульных кораблей: скоростные катера водоизмещением 10–120 т, предназначенные для действий «по вызову» и несения дежурной службы в территориальных водах; малые сторожевые корабли водоизмещением 400—500 т для охраны закрытых морей и дальней прибрежной зоны; патрульные корабли открытого моря водоизмещением 1600—1800 т для охраны 200-мильной экономической зоны.

Первенец нового поколения — 120-тонный «Мираж» (пр. 14310) — уже на первом этапе ходовых испытаний показал максимальную скорость 50 уз, установив тем самым мировой рекорд для своего класса.

Благодаря высокому уровню проектных решений, надежности и эффективности построенных по проектам ЦМКБ «Алмаз» катеров и кораблей, с 1949 г. флотам 26 зарубежных стран поставлено свыше 400 кораблей и катеров.

В 1998 г. в структуре бюро произошли существенные изменения в

Пассажирский СПК типа «Невка»

Речные артиллерийские катера пр. 1204 («Шмель»)

связи с присоединением Западного ПКБ и передачей работ по проектированию противоминных кораблей, спусковых, транспортных и специализированных доков, судов для освоения шельфовых месторождений. Для решения новых задач принята «Программа развития ЦМКБ "Алмаз" на период 1999—2003 гг.», содержащая комплекс работ по поддержанию высокого профессионального уровня кадров фирмы, внедрению современной версии компьютерной системы CAD/CAM, проведению международной сертификации действующей на предприятии системы качества и др.

Следует подчеркнуть, что в бюро сложились традиции программного и системного подхода при разработке проектов кораблей. Результатом этого является то, что флоты России и ряда зарубежных стран Азии, Африки и Латинской Америки входят в XXI век с кораблями наших проектов. Моряки России получат многоцелевой сторожевой корабль дальней морской зоны «Новик», четвертое поколение ракетных катеров и малых ракетных кораблей, экспортноориентированный корвет, модернизированные тральщики и скоростные патрульные катера.

Рассматривая историю развития отечественного катеростроения, нельзя не сказать, хотя бы вкратце, о главных конструкторах, талант, энергия, организаторские способности которых были своеобразным катализатором для творческой работы коллектива ЦМКБ «Алмаз». Это, прежде всего, Евгений Иванович Юхнин — Герой Социалистического Труда, непосредственный участник создания катеров пр. 383, 384, 183Э, 183Г, 205, 1241-1, 1241-2, 12411, 12417, 1241РЭ, 1241ПЭ.

Вся его жизнь была связана с судостроением. В годы войны Е. И. Юхнин внес большой вклад в организацию выпуска торпедных катеров, а в послевоенный период руководил разработкой первых в мире ракетных катеров.

Павел Густавович Гойнкис (пр. 183,199, 206, 360) — талантливый инженер-кораблестроитель с необычайно сложной биографией. Находясь в заключении по делу о так называемой «Промпартии» (в общей сложности около 13 лет), работал главным инженером и главным конструктором в ОКБ-5 — особом конструкторском бюро НКВД.

Десантный корабль на воздушной подушке пр. 12322 («Зубр»)

Владимир Васильевич Сидоров являлся главным конструктором радиотелеуправляемых катеров пр. 1253 и 1392, а также пр. 1392В, 376. По этим проектам построено большое количество вспомогательных и боевых кораблей для ВМФ страны.

Иван Петрович Пегов (пр. 1234, 1234-1, 12347) прошел путь от рядового конструктора до главного конструктора ЦМКБ «Алмаз» (с августа 1960 г.). Он руководил, в частности, разработкой малых ракетных кораблей типа «Овод».

Михаил Викторович Кошкин участвовал в проектировании различных боевых и вспомогательных катеров и кораблей. Под его руководством строились речные бронекатера пр. 1208 («Слепень») с 100-мм артустановками и броней 30—100 мм.

Леонид Львович Ермаш проектировал опытные стальные мореходные торпедные катера, малые охотники за подводными лодками МО-4, торпедные катера МКД-2 и МКД-3, сторожевые катера для пограничников КМ-4, БКМ-2, КЗИС-5, унифицированные боевые катера многоцелевого назначения проекта 200 (ОД, ТД, ТМ) и др.

Леонид Витольдович Ельский принимал непосредственное участие в проектировании, постройке и испытаниях катеров пр. 206 и малого ракетного корабля пр. 1234 и его модификаций. Главный конструктор КВП пр. 1239 («Сивуч»), а также «Икар».

Антон Павлович Городянко до войны и во время блокады участвовал в создании быстроходных (БТЩ) и эскадренных (ЭТЩ) тральщиков типа «Фугас» и «Василий Цыплаков». В послевоенный период руководил разработкой ракетных катеров «Оса» и «Комар» (пр. 183Р, 205), ракетных и торпедных катеров «Шторм», ракетных катеров «Вихрь» с ракетами Х-35. Создал

Ракетный корабль на воздушной подушке скегового типа (пр. 1239)

Ракетный катер пр. 1241.7

один из лучших пограничных сторожевых катеров — «Тарантул».

Константин Жанович Аванесов прошел путь в ЦКБ-5/ЦМКБ «Алмаз» от конструктора до главного конструктора. При его непосредственном участии созданы торпедный катер пр.183, правительственные яхты пр. 360 и пр. 1360 («Чайка»), служебно-разъездной катер пр. 14670 («Гурзуф»), сторожевой корабль пр. 10410, а также разработаны гидродинамические комплексы ракетных и торпедных катеров на подводных крыльях «Шторм» (пр. 206М, 206МР), СПК «Тайфун» (пр. 1233).

Валериан Иванович Корольков с 1989 г. в должности главного конструктора пр. 1239 руководит работами по испытаниям и сдаче головного корабля пр. 1239 («Сивуч»).

Главный конструктор опытного скегового СВП «Стрепет», кораблей пр. 1232.2Э, 19980 — Валентин Анатольевич Абрамовский.

Катера пр. 123, 184, 1400, 1233, 1240 («Ураган») создавались под руководством Вадима Михайловича Бурлакова; пр. 1238 («Касатка»), 12061 («Мурена»), 1206Т, 12322 («Зубр»), 1209 — Юрия Петровича Семенова; пр. 12411, 12419, 12416 — Валерия Николаевича Устинова;пр. 1205, 1206, 1232, 1204 («Шмель») — Леонида Васильевича Озимова.

Юрий Владимирович Арсеньев был главным конструктором пр. 1388Р (катер радиационной и химической разведки), 12418, 12421; Николай Алексеевич Серков — пр. 14310, 20940; Василий Иванович Блинов — пр. 1238; Юрий Моисеевич Мохов — пр. 12322; Кирилл Георгиевич Четверухин — пр. 183Ш.

Спасательные катера для авиации «Ерш» и «Гагара» создавались под руководством Владимира Александровича Мельзенинова, а «Фрегат» — Никиты Афанасьевича Макарова; спасательно-рабочие шлюпки — Джека Абрамовича Черногуза.

Естественно, в достижениях ЦМКБ «Алмаз» весьма существенную роль сыграли наши многочисленные партнеры — ведущие научные центры ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова, ЦНИИ КМ «Прометей», ЦНИИТС, ЦАГИ, МАИ, известные разработчики систем вооружения, дизелей, газовых турбин из России и Украины, ряд фирм дальнего зарубежья, судостроительные предприятия — АСО «Вымпел», ОАО «СФ "Алмаз"», ОАО «Прибалтийский завод "Янтарь"», Ярославский и Хабаровский судостроительные заводы и, конечно, военные моряки и пограничники. Мы высоко ценим их достижения и благодарим за высокий уровень делового сотрудничества, позволивший бюро за 50 лет пройти впечатляющий путь освоения передовых технологий.

В материаловедении — это переход от деревянных материалов к высокопрочным низколегированным тонкостенным профилям и листам, алюминиевым и титановым сплавам.

В гидродинамике — развитие динамических принципов поддержания корпусов, оптимизация обводов скоростных судов с применением реданов, использование мало- и глубокопогруженных автоматически управляемых подводных крыльев, внедрение днищевых интерцепторов.

В двигателестроении — применение в качестве главных энергетических установок высокооборотных звездообразных дизелей, комбинированных дизель-газотурбинных установок, Z-образных трансмиссий, соосных винтов.

Использование новейших научных разработок и технологий в сочетании с созданными в России высокоэффективными комплексами противокорабельного, противовоздушного и противолодочного ракетного оружия позволило ЦМКБ «Алмаз» создать несколько поколений высокоэффективных катеров и кораблей.

Следует отметить, что в последнее время в текущих и перспективных планах бюро вопросы модернизации кораблей стали занимать существенное место по вполне очевидным причинам, характерным как для России, так и для зарубежных стран — партнеров нашего государства в военно-технических вопросах. Уточнение геополитических концепций государственного развития, экономические и финансовые проблемы в условиях государственных, региональных и блоковых преобразований, рост сложности и стоимости новых систем оружия потребовал поиска путей оптимизации государственных затрат на оборону. Поэтому модернизация во многих случаях стала наиболее приемлемым и эффективным путем, позволяющим решить поставленные перед военно-морским флотом, морскими пограничными (патрульными) частями новые задачи с существенно меньшими затратами.

Дополнительным и весьма важным аргументом в пользу модернизации служит традиционно высокое качество проектов ЦМКБ «Алмаз», позволяющее дать им «вторую жизнь» на основе самых современных комплексов вооружения, навигационного и радиоэлектронного оборудования. И на этом пути уже есть реальные результаты, в частности, по пр. 1234МЭ. Аналогичные проработки завершены и по проектам 205ЭР, 10410, 1241-1, 1232-2, 12061.

В то же время продолжается проектирование новых кораблей для ВМФ, ФПС и МЧС России и зарубежных стран. Сейчас специалисты бюро существенно расширили границы своей деятельности, что позволяет ЦМКБ «Алмаз» на базе уникального 50-летнего опыта, научно-технических достижений и сохраненного проектного потенциала динамично и эффективно реагировать на требования времени и наиболее полно учитывать интересы отечественных и зарубежных заказчиков.

А. В. Шляхтенко,
начальник—генеральный конструктор ЦМКБ «Алмаз»

«НОВИК» — НАСЛЕДНИК ЛЕГЕНДЫ

В. Г. Гаврилов, главный конструктор (ЦМКБ «Алмаз»)

26 июля 1997 г., в канун Дня Военно-Морского Флота на Прибалтийском судостроительном заводе «Янтарь» в Калининграде состоялась торжественная закладка многоцелевого сторожевого корабля (СКР) «Новик».

Не останавливаясь на современных проблемах российской экономики и, как следствие, на трудностях строительства новых кораблей, следует отметить, что Министерство обороны РФ понимает необходимость создания этого корабля и осуществляет поддержку его строительства.

Корабль является результатом творческого сотрудничества коллектива ЦМКБ «Алмаз», всех соисполнителей и заказчика. Он создается на основе богатейших традиций строительства боевых кораблей и катеров для Военно-Морского Флота России.

Новый СКР унаследовал название, которое носили прежде прославленные корабли российского флота. А «новиками» на Руси в XVI—XVII веках называли молодых бояр и дворян, достигших 15-летнего возраста, но еще не записанных на военную службу. В этом звании — новичков — они обычно пребывали до 18 лет, после чего зачислялись в полк и проходили службу. Позже слово «новик» стало употребляться в более широком смысле — нечто новое, до сих пор не известное. Первым кораблем российского флота с таким именем был корвет, построенный в 1856 г. на Охтинской верфи Санкт-Петербурга и принявший участие в 1857—1860 гг. в составе эскадры в кругосветном плавании. В 1901 г. вступил в строй легкий крейсер «Новик», доблестно сражавшийся в русско-японскую войну. В 1913 г. в состав флота вошел эскадренный миноносец «Новик», ставший ярким образцом русской технической мысли начала XX века и обессмертивший свое имя в годы первой мировой войны. 53 корабля этого типа тогда были заложены на российских стапелях.

Новый корабль символизирует качественный рывок в отечественном кораблестроении. На сегодняшний день корабль воплотил в себе все самые современные технические решения, позволяющие ему самостоятельно или в составе соединений эффективно участвовать в боевых операциях, охране конвоев, защите побережья страны, а также в любых миротворческих акциях под эгидой международных организаций. Тем самым назначение корабля не исчерпывается функциями сторожевого, а позволяет ему перейти в класс фрегатов, не нашедших места в бывшем советском флоте. Корабль обладает высокой боевой мощью при минимально возможной стоимости, что при теперешнем состоянии российской экономики имеет немаловажное значение.

Имея на борту универсальные пусковые установки ракетного оружия, корабль способен принять вооружение различного состава в зависимости от поставленных перед ним ударных или противолодочных задач. Высокоэффективная система противовоздушной обороны обеспечивает ему высокую боевую устойчивость. Использование на корабле новейших систем радиоэлектронного, противовоздушного, противолодочного и ударного вооружения позволит «Новику» эффективно действовать в тактических группах надводных кораблей как более ранних проектов, так и перспективных.

Значительным шагом вперед в отечественном кораблестроении явилось внедрение на этом корабле, кроме новейших образцов вооружения, ряда научно-технических решений, позволивших достичь высоких показателей скрытности и живучести, что в конечном итоге значительно повышает боевую эффективность корабля.

Отслеживая процессы, происходящие в мировом и отечественном кораблестроении и оценивая тенденции его развития, ЦМКБ «Алмаз» прорабатывает варианты проекта с целью создания на его основе системы средних и малых кораблей океанской и морской зоны действия, объединенных общей для них базовой энергетикой, типами боевого и радиотехнического вооружения, однотипными конструктивными и компоновочными решениями, составом комплектующего оборудования. Создание такой системы повысит боевую эффективность соединений кораблей, удешевит их производство, упростит материальное обеспечение и ремонтную базу, позволит организовать единый учебный центр.

В первую очередь из этой системы может быть предложен многоцелевой корабль морской зоны ограниченного водоизмещения — по современной классификации «корвет». Имея богатый опыт проектирования кораблей — а такими по существу являются созданные ранее корабли типа «Овод», «Молния» и «Сивуч», — ЦМКБ «Алмаз» разрабатывает проект корвета для отечественного флота и на экспорт. Новый проект позволит получить небольшой скоростной корабль водоизмещением около 1800 т с малой численностью экипажа, в котором реализуются последние достижения в области скрытности и живучести. Корвет предназначен для автономной эксплуатации при любом состоянии моря и для участия в большинстве боевых операций самостоятельно или в составе соединений. Он будет способен вести противолодочную борьбу и одновременно оборонять себя и других от атак с воздуха (включая ракетные); действовать против береговых целей и обеспечивать поддержку десанта. На борту может находиться вертолет или несколько беспилотных аппаратов.

Проектное изображение перспективного корабля

КОРАБЛИ «АЛМАЗА» НА ЗАЩИТЕ МОРСКИХ ГРАНИЦ

А. Л. Ивченко, главный конструктор (ЦМКБ «Алмаз»)

Россия — морская держава, имеющая самые протяженные морские границы, защита которых является одной из основных обязанностей государства. Именно поэтому на протяжении всей истории одним из приоритетных направлений деятельности ЦМКБ «Алмаз» было создание кораблей и катеров для пограничников. По проектам бюро построены сотни пограничных сторожевых кораблей и катеров.

Специальное проектирование сторожевых (пограничных) катеров широко развернулось еще в предвоенные годы, когда под руководством главного конструктора бюро Л. Л. Ермаша были созданы великолепные по своим боевым и мореходным качествам катера МО-4 и КМ-4 для использования в системе Морской пограничной охраны НКВД.

В первые послевоенные годы в составе морпогранчастей КГБ для несения службы по охране морской государственной границы использовались катера и корабли из состава ВМФ, спроектированные в основном специалистами бюро.

Условия морской пограничной охраны усложнились в связи с использованием нарушителями государственной границы специальной техники, включая быстроходные катера и подводные лодки. Эти обстоятельства поставили перед специалистами новые задачи по созданию специальных пограничных кораблей и катеров с высокими мореходными и маневренными качествами, большой скоростью хода, несущих современные средства обнаружения и борьбы с надводными и подводными кораблями, способных длительное время находиться в открытом море на значительном удалении от баз.

В 60-е годы в бюро были созданы уникальные по своим тактико-техническим данным корабли и катера, на долгие годы ставшие надежным щитом морских границ Советского Союза. Это, прежде всего, быстроходный сторожевой пограничный катер на подводных крыльях пр. 125А, созданный под руководством главного конструктора В. М. Бурлакова. Катер при водоизмещении около 65 т имел рекордную по тем временам скорость хода — до 64 уз. Разнообразное вооружение обеспечивало ему эффективное несение службы по охране государственной границы. Появление в составе морпогранчастей катеров пр. 125А позволило существенно повысить вероятность задержания нарушителей.

В те же годы были созданы корабли, на долгие годы ставшие основным ядром морских сил погранвойск. Это пограничные сторожевые катера пр. 1400 и 1400М типа «Гриф» и «Гриф-М» (главный конструктор В. М. Бурлаков), предназначенные для несения службы в прибрежных водах, имеющие водоизмещение около 35—37 т, скорость полного хода около 33 уз и вооруженные крупнокалиберными пулеметами и разнообразными средствами наблюдения. Они успешно несут службу на всех морских театрах до настоящего времени. Высокие боевые и эксплуатационные качества способствовали тому, что около 80 катеров этого типа продано на экспорт в более чем десять стран.

Пограничные сторожевые корабли пр. 205П типа «Тарантул» (главный конструктор А. П. Городянко) тоже предназначены для службы в морской прибрежной зоне. Их построено свыше 125 ед. и, наверное, нет ни одного морского офицера-пограничника, который не служил бы на этих кораблях. Корабли имеют водоизмещение около 250 т, скорость полного хода свыше 35 уз, дальность плавания экономическим ходом до 2000 миль.

В 60-е годы в стенах бюро были также созданы для охраны границ на реках и озерах уникальные речные артиллерийские корабли (бронекатера и мониторы) пр. 1204 («Шмель») и 1208 («Слепень») — главный конструктор В. В. Кошкин. При небольшом водоизмещении и малой осадке эти корабли имели мощное артиллерийское вооружение (танковые башни с орудиями калибром до 100 мм) и реактивные системы залпового огня.

В 80-е годы в связи с расширением задач, ставившихся перед пограничниками (охрана 200-мильной экономической зоны), началось проектирование пограничных кораблей нового поколения. В 1984 г. под руководством главного конструктора К. Ж. Аванесова был разработан технический проект, а в 1988 г. сдан заказчику головной пограничный сторожевой корабль пр. 10410, который стал в настоящее время одним из основных в морских силах Федеральной пограничной службы России. Корабль водоизмещением 375 т получил высокую оценку моряков,

Малый противолодочный корабль пр. 12412

Сторожевой катер пр. 1400

Малый артиллерийский корабль пр. 1208 («Слепень»)

Сторожевой катер пр. 205П

которые за прошедшие 10 лет хорошо узнали и полюбили его за отличные боевые и эксплуатационные качества. Использование оптимальных обводов корпуса в сочетании с автоматизированной дизельной установкой позволило создать простой и экономичный в эксплуатации корабль, имеющий высокую скорость полного хода (свыше 30 уз), большую дальность плавания экономическим ходом (до 2500 миль) и отличные мореходные качества, что очень важно при длительном пребывании в море.

В этой связи не случаен интерес, который проявляют к этому кораблю и иностранные заказчики. В настоящее время ОАО «СФ "Алмаз"» строит первые два экспортных корабля этого класса.

Работая на перспективу, ЦМКБ «Алмаз» учитывает современные тенденции развития служб береговой охраны — комплексное решение вопросов охраны государственной границы, исключительной экономической зоны и континентального шельфа с тесным взаимодействием с таможенными органами. С учетом этой концепции предлагается широкий спектр быстроходных кораблей и катеров, представляющих по существу систему кораблей и катеров береговой охраны водоизмещением от 10 до 2000 т, в том числе на воздушной подушке, способную эффективно решать практически все задачи в любых регионах кроме арктических.

Условно все корабли и катера, входящие в эту систему, могут быть разбиты на три группы.

Первая группа — скоростные патрульные катера водоизмещением от 10 до 120 т для действий «по вызову» и несения дежурной службы в территориальных водах, контроля за соблюдением кораблями и судами установленного режима плавания во внутренних проливах, на открытых рейдах портов и гаваней, а также в прилегающих к ним прибрежных морских районах. В зависимости от водоизмещения и размеров возрастают возможности катеров по составу вооружения, мореходным качествам, автономности, обитаемости. Отличительными качествами катеров являются: высокая скорость хода, позволяющая осуществлять перехват практически любых морских целей; отличные мореходные и маневренные качества, обеспечиваемые применением специальных устройств (реверсируемые водометные движители, комплексы автоматически управляемых интерцепторов и т. д.); мощное ракетно-артиллерийское и стрелковое оружие; наличие плавсредств (за исключением 10-тонного катера), обеспечивающих возможность высадки досмотровой партии. При проектировании катеров особое внимание уделялось удобству и простоте в обслуживании.

Патрульный катер типа «Ястреб» (пр. 12260)

К этой группе могут быть отнесены и амфибийные катера на воздушной подушке, которые при определенных обстоятельствах являются единственным средством для решения задач службы береговой охраны. Высокая скорость хода как на глубокой воде, так и на мелководье, над болотистой местностью, невосприимчивость к подводным и плавающим препятствиям, способность выходить на берег позволяют обеспечить тесное взаимодействие береговых и морских сил, способствуя созданию единой системы охраны границы. Конструкция этих судов дает возможность, кроме прибрежного патрулирования, осуществлять контроль состояния окружающей среды, производить поисково-спасательные операции. Использование в качестве главных двигателей экономичных дизелей с большим моторесурсом и высокопрочных синтетических материалов для гибких ограждений позволит превратить их в экономичное, высоконадежное средство охраны границы, когда использование других плавсредств практически невозможно. В условиях отсутствия причальных сооружений катера на воздушной подушке являются идеальным средством доставки снабжения береговым постам.

Вторая группа — малые корабли пр. 10410 и его модификации, предназначенные для охраны закрытых морей и дальней прибрежной зоны. В перспективе предполагается повысить боевые возможности корабля этого типа путем оснащения его беспилотными летательными аппаратами.

Третью группу представляют корабли открытого моря. С введением в действие международных соглашений о 200-мильной экономической

Корабль на стапеле ОАО «Судостроительная фирма "Алмаз"»

зоне, в пределах которой сосредоточены основные богатства и осуществляется лов рыбы, добыча морепродуктов, разведка и добыча полезных ископаемых, значительно осложнились задачи, стоящие перед службой береговой охраны. Наиболее успешно они могут решаться многоцелевыми сторожевыми кораблями. По мнению специалистов ЦМКБ «Алмаз», такой корабль должен отвечать следующим основным требованиям: дальность плавания до 10 000 миль; автономность до 60 сут; наличие средств электронного контроля за кораблями, судами и воздушными целями; обеспечение доставки досмотровых групп инспекторов и представителей других ведомств на высадочных плавсредствах; наличие вертолетного комплекса; обеспечение инструментального контроля за состоянием окружающей среды; возможность преследования судов-нарушителей со скоростью 20—25 уз и ведения предупредительной стрельбы. Кроме того, корабль должен иметь устройства для выборки и хранения на борту незаконно применяемых пассивных орудий лова, а также быть приспособлен для быстрого монтажа дополнительного вооружения и оборудования с целью расширения боевых возможностей при возникновении вооруженных конфликтов. Водоизмещение такого корабля составит около 1600—1800 т. Вооружение может широко варьироваться в зависимости от требований заказчика. В портфеле ЦМКБ «Алмаз» уже имеются различные варианты таких кораблей.

Специалисты бюро готовы к тесному сотрудничеству в области создания перспективных кораблей и катеров для службы береговой охраны.

У ИСТОКОВ ОТЕЧЕСТВЕННОГО КАТЕРОСТРОЕНИЯ

А. А. Городянко, начальник бюро информации (ЦМКБ «Алмаз»)

Первые суда с двигателем внутреннего сгорания появились в России в 1890 г., а уже в 1901 г. Александр Леонтьевич Золотов — истинный энтузиаст зарождающегося моторного катеростроения — создал на собственные средства первую в России «Катерную судостроительную Санкт-Петербургскую верфь моторных судов» в Старой Деревне. Первоначально здесь строились деревянные катера для прогулок, а затем — для нужд Министерства путей сообщения. Вначале это были заимствованные у западных фирм маленькие катера с мотором «Буффало» без палубы и надстроек. Но вскоре сам Золотов разработал несколько типов прогулочных и спортивных катеров. Его первый проект был назван «Степа». С мотором американской фирмы Western он развивал скорость 6 уз. В 1903 г. на верфи Золотова построили катер «Потеха» с трехцилиндровым двухтактным американским двигателем фирмы Wolverine (9 л. с.).

Интерес к «автомобилизму на воде» быстро рос в Санкт-Петербурге, и к 1904 г. только в «Речном яхт-клубе» насчитывалось 12 судов с бензиновыми и керосиновыми двигателями, а летом того же года, впервые в России на Неве состоялись гонки моторных катеров. Многочисленные зрители, среди которых были представители делового мира, городская знать и даже члены царской фамилии, заполнили берега Невы, чтобы стать свидетелями этого небывалого зрелища. А. Л.Золотов лично участвовал в соревнованиях на специально построенном двухмоторном катере, который развил рекордную по тем временам скорость — 35 уз! Он и стал первым обладателем почетного «Кубка победителя».

В начале 1914 г. Золотов построил два больших эллинга и принял большой заказ Морского министерства на постройку деревянных мореходных катеров для обеспечения связи с береговыми батареями флота, расположенными на многочисленных фортах и островах Финского залива, для несения сторожевой службы на рейдах и в качестве катерных тральщиков в прибрежных районах. Именно этим заказом было положено начало постройки на верфи военных судов с деревянными корпусами. К этому времени здесь впервые в России освоили и внедрили диагональную обшивку, значительно увеличивающую прочность корпуса. Выполнение большого заказа потребовало срочного увеличения производственных мощностей. Было построено два эллинга, закуплены за границей металлорежущие и деревообрабатывающие станки, смонтирована пилорама. Особую трудность вызывало отсутствие квалифицированных рабочих-судостроителей, обучение которых требовало времени. Выход был найден: опытные шлюпочные мастера вербовались в провинции, в частности, в Осташковском уезде Тверской губернии, где эта специальность передавалась из поколения в поколение.

С 1915 г. верфь перешла на постройку более крупных, длиной до 22 м каютных катеров с легким вооружением и с моторами фирмы Van Blerk, позволяющими развивать скорость до 22 уз. Катера обладали прекрасной мореходностью и неплохой обитаемостью. В начале 1917 г. на верфи Золотова трудилось 155 чел. — шлюпочники, краснодеревщики, обойщики, станочники по металлу и дереву. Все техническое руководство, вплоть до разработки конструкций, осуществлял сам хозяин с помощью двух мастеров — Нюльпера и Колосова. По механической части консультантом был талантливый мастер В. В. Леонтьев. Еще были кассир, делопроизводитель и несколько агентов по снабжению.

В сентябре 1917 г. Золотов с большой группой рабочих выехал на Черное море для сдачи серии катеров ЗК (золотовский катер) водоизмещением около 20 т, общей мощностью энергетических установок 600 л. с., вооруженных

37-миллиметровой пушкой и пулеметом «Максим». А когда зимой того же года он вернулся в Петроград после успешной сдачи катеров, то застал у себя на верфи только четырех человек, добровольно оставшихся охранять предприятие. Октябрьская революция вынудила многих мастеров, оставшихся без средств к существованию, вернуться в родные деревни. Часть рабочих ушла в революционные отряды. Верфь практически прекратила свое существование. В июле 1918 г. Революционный Совет Балтийского флота обязал Золотова произвести ремонт некоторых катеров.

В 1922 г. Золотов на базе верфи организовал кустарную мастерскую с пятью рабочими, строившими шлюпки, прогулочные лодки и 65-футовые катера. Окончилась гражданская война. Только в 1923 г. Советская республика начала организацию морской пограничной охраны, которую возложили на Управление пограничной военной охраны ОГПУ (УПВО ОГПУ).

В УПВО ОГПУ создали морской отдел, в функции которого входила организация морской пограничной охраны на всех морях, реках и океанах, омывающих берега нашей страны. Но царского флота, по сути, не существовало, судостроительные заводы в большинстве своем не были еще восстановлены и не работали, а специальных верфей для постройки малых судов, кроме золотовской, практически не было. Заказ мог быть большим, но Золотов вынужден был отказаться из-за отсутствия материалов и рабочих.

В марте 1928 г. после долгих переговоров с представителями Морпогранохраны, Золотов согласился взять подряд на постройку 65-футовых катеров типа ЗК с американскими двигателями фирмы Sterling (два мотора по 300 л. с.). Катера предназначались для несения пограничной службы в прибрежных районах морей, развивали скорость до 24 уз, отличались высокой прочностью и мореходностью. Хотя предприятие постепенно и вставало на ноги, но могло выпускать в год лишь 4—5 катеров. Это обстоятельство заставило командование Морпогранохраны строить собственную, фундаментальную базу деревянного судостроения.

Малый охотник за подводными лодками типа МО-4

В 1929 г. в связи с ликвидацией в стране частной собственности на средства производства, допускавшейся в годы нэпа, А. Л. Золотов «добровольно» передал свою верфь государству. Главное управление Морпогранохраны приняло от него предприятие со всеми строениями, материалами и оборудованием в свое подчинение, чтобы на этой базе организовать судостроительную мастерскую Морпогранохраны ОГПУ. Начальником мастерской в марте 1930 г. был назначен бывший морской офицер, чекист Д. Л. Блинов, но вопросами судостроения по-прежнему занимался Золотов, зачисленный в качестве консультанта. К сожалению, судьба этого замечательного человека, талантливого судостроителя и пионера отечественного деревянного катеростроения, трагична. Осужденный по 58-й статье на десять лет, он умер в сталинских лагерях в 1943 г.

К концу января 1931 г. число работающих на верфи увеличилось до 55 чел. Они продолжали строить катера ЗК, а также работали над привезенным из Германии проектом металлического катера, предназначавшегося для несения полицейской службы на реках и озерах. В России его начали строить в деревянном варианте (КМ). Он имел длину 13,8 м, ширину 3 м и одновальную энергетическую установку.

Производительность верфи достигла 6 катеров ЗК и 10 катеров КМ в год, но и это количество совершенно не удовлетворяло потребности Морпогранохраны. Тогда в июле 1931 г. было принято решение правительства о строительстве в Ленинграде новой верфи Морпогранохраны ОГПУ, и для этого была отведена территория на Петровском острове за фабрикой «Канат». Судостроительная мастерская в Старой Деревне стала именоваться «Отделением судоверфи Морпогранохраны ОГПУ» (ныне АО «Редан»), где кроме катеров ЗК, КМ и КМ-2 строились небольшие тузики и спортивные шлюпки.

Строительство судоверфи на Петровском острове велось ускоренными темпами. В то время это были заболоченные места — и землю для территории будущей верфи возили на баржах из котлована строившегося в то же время «Большого дома» на Литейном. Местами высота засыпки достигала трех метров, чтобы ликвидировать заболоченные участки и выровнять территорию.

Во второй половине 1932 г. заложили цеха и одновременно организовали собственное конструкторское бю-

Торпедные катера послевоенной постройки пр. 206 (слева) и пр. 183

Ракетные катера пр. 205 в базе

ро, которое возглавил инженер А. К. Зворыкин. В первые годы существования КБ насчитывало в своем составе 60 чел., впоследствии ставших талантливыми инженерами и конструкторами. Это начальник конструкторского бюро Н. М. Ухин, главный конструктор Л. Л. Ермаш, инженеры-кораблестроители А. Л. Константинов, И. И. Бобров и К. Н. Строганов, видный ученый по дизельным установкам, профессор С. В. Пугавко, доктор технических наук Б. И. Батковский, крупный специалист в области электроники Г. И. Китаенко, профессор И. А. Калинников и многие другие.

Пока в новом помещении верфи устанавливалось основное оборудование, в КБ шла кропотливая работа по выпуску рабочих чертежей катера типа ГК, предназначенного для несения пограничной службы. Одновременно разрабатывались чертежи правительственной яхты МО-1, на базе которой впоследствии был спроектирован первый отечественный боевой катер МО-2 (малый охотник за подводными лодками), который имел кормовой срез для метания глубинных бомб. В мирное время катер должен был использоваться как пограничносторожевой, а во время войны — по прямому назначению.

23 февраля 1933 г. было торжественно отмечено окончание строительства первой очереди судостроительной верфи и заложен на стапеле первый катер ЗК. А летом того же года начались ходовые испытания опытных малых морских охотников. Шли они нелегко. На испытаниях первых катеров обнаружился ряд конструктивных недостатков, и приемка была прекращена до их устранения. На решение комиссии повлиял также несчастный случай: во время одного из выходов на катере произошел взрыв паров бензина и возник пожар, повлекший человеческие жертвы. В результате проведенных исследовательских работ при непосредственном участии академика А. Н. Крылова была значительно повышена безопасность и надежность катеров МО-2 в эксплуатации.

Уже в 1936 г. Морпогранохрана приняла в состав флота 32 таких катера. Параллельно шли конструкторские работы над более совершенной моделью — МО-4, впервые испытанной летом 1937 г. на Черном море. В результате создали уникальный морской охотник, имевший для своих небольших размерений мощное вооружение, высокую боевую эффективность, отличные мореходные качества и намного опередивший по своим характеристикам зарубежные аналоги. По проекту МО-4 всего было построено тремя заводами около 300 катеров, которые весьма успешно принимали участие в Великой Отечественной войне. Катер МО-4 при водоизмещении 56 т развивал скорость хода около 25 уз и имел две артиллерийские установки калибром 37 и 45 мм, два пулемета калибром 12,7 и 25 мм, восемь больших и 24 малых глубинных бомб, гидроакустическую станцию «Тамир».

С 1937 по 1940 г. конструкторское бюро выполнило эскизные и технические проекты нескольких вариантов деревянных торпедных катеров. Это ТДК-1 — реданный торпедный катер, ТДК-2 — малый торпедный катер, ТДК-3 — торпедный катер дальнего действия (он же П-19), ТДК-4 — торпедный катер с носовыми торпедными аппаратами. Сдача последнего была отложена из-за задержки изготовления торпедных аппаратов, а затем в связи с начавшейся войной.

Первые месяцы войны вскрыли много проблем в конструкции, вооружении, надежности, мореходности и тактике использования отечественных катеров. Их надо было как можно быстрее устранить. Но в результате стремительного наступления врага, потери судостроительных заводов на Черном море и блокады Ленинграда, строительство боевых катеров переместилось в тыл. Производство срочно было налажено на эвакуированном оборудовании в Тюмени, Перми, Сосновке Вятско-Полянской, Рыбинске, Балаково, Зеленодольске.

Многих ленинградских ученых, конструкторов, технологов, инженеров и рабочих направили в эти регионы. В Тюмени на заводе № 639 организовали КБ, которое возглавил Е. И. Юхнин. Коллективом конструкторов, в числе которых были С. Н. Благовещенский, В. К. Дормидонтов, А. А. Правдин, Ф. Л. Ливенцев, был разработан проект нового торпедного катера (123бис), по которому только в Тюмени построили 120 катеров. Там же разработали различные модификации торпедного катера пр.116 (Г-5), в том числе с двигателями «Паккард», полученными из США по ленд-лизу. Для них были созданы различные конструкции глушителей — инженер-капитана 1-го ранга Гулима, конструктора И. Ф. Портного и КБ Тюменского завода. Кроме того, осуществлена разработка и внедрена в серийное производство система бортового сбрасывания торпед вместо сброса их в корму из желобов. Освоено капотирование гребных винтов, обеспечивающее увеличение скорости хода, улучшение устойчивости на курсе и уменьшение рыскания.

В Сосновке Вятско-Полянской под руководством Н. Н. Исанина и Л. Л. Ермаша были спроектированы для крупносерийного поточного производства торпедные катера и малые охотники за подводными лодками пр. 200 — в одном корпусе и с одинаковой энергетической установкой. Ряд проектов модифицировали под использование новейших видов вооружения, в частности, реактивных установок — легендарных «катюш». Впервые в нашей стране в Сосновке технологами, параллельно со строительством самого завода и выпуском рабочих чертежей катеров, был разработан и в кратчайшие сроки освоен поточный метод серийной постройки с принудительным ритмом. Большой вклад в это внесли В. Д. Колечицкий, П. И. Кузнецов и др. Там же были впервые широко применены клееные деревянные конструкции с использованием клея ВИАМ-Б3, что резко повышало процент полезного использования древесины.

Построенные на периферийных заводах катера перевозились по железным дорогам и рекам прямо на фронт.

Эвакуированные инженеры, служащие и рабочие трудились самоотверженно. Но оставшиеся в Ленинграде конструкторы оказались в еще более тяжелых условиях ленинградской блокады. Для обеспечения перевозок продовольствия и военных грузов через Ла-

дожское озеро в блокированный Ленинград коллективом конструкторов были разработаны самоходные грузовые тендеры с характерными корпусами, составленными из плоских секций. Такие секции изготавливались из выгородок недостроенных крейсеров пр. 68 и 69. Учитывая физическое ослабление от недоедания большинства рабочих, конструкторы и технологи старались максимально снизить трудоемкость производства и особенно работ, требующих больших физических затрат.

После окончания войны многие инженеры и конструкторы вернулись в родной Ленинград. С учетом боевого и эксплуатационного опыта использования катеров во время войны, продолжались работы над проектами ТМ-200, ТД-200, ТД-200бис и ОД 200бис, которые были разработаны под руководством главного конструктора Л. Л. Ермаша на базе унифицированного катера пр. 200. Головной катер ТД-200 сдали в апреле 1946 г. в Ленинграде. А уже в октябре 1947 г. передали флоту катер ТД-200бис с еще более совершенными характеристиками. Для улучшения мореходности увеличили развал носовых шпангоутов. Впервые на отечественных торпедных катерах органы управления были вынесены на мостик. Усилено зенитное артиллерийское вооружение, применены радиолокационные средства наблюдения. В качестве главных двигателей вместо пожароопасных бензиновых моторов стали применяться дизели. Возросла дальность плавания. Всего катеров этого проекта было построено 168 ед.

Атакует ракетный катер

Торпедные катера ближнего действия строились по пр. М-123бис, в основе которого лежал пр. 123бис «Комсомолец», разработанный главным конструктором В. М. Бурлаковым. В отличие от базового варианта на катере были заменены два торпедных аппарата бортового сбрасывания на два трубных. Вместо двух бензиновых двигателей «Паккард» установили два отечественных дизеля М-50, что позволило почти вдвое увеличить дальность плавания. Это был последний в нашей стране реданный глиссирующий катер.

В послевоенные годы в связи с дальнейшим развитием вооружения назрела острая необходимость в большом торпедном катере с повышенной мореходностью, дальностью, автономностью, усиленным атакующим и защитным (в первую очередь от авиации) вооружением.

Головной образец такого катера (пр.183) был разработан под руководством главного конструктора П. Г. Гойнкиса и сдан флоту в октябре 1949 г. Проект получился настолько удачным, что строился огромной серией сразу в трех городах — Ленинграде, Сосновке и Владивостоке. Всего было построено 360 ед., часть из которых шла на экспорт. По тактико-техническим характеристикам и новаторству конструктивных решений катерам пр. 183 не было равных в мире. Они обладали большей мореходностью, почти вдвое превосходили западные аналоги в дальности плавания и имели взрывобезопасную дизельную механическую установку вместо бензиновой на катерах Англии и США.

Катера пр. 183 послужили основой для дальнейшего совершенствования отечественных катерных сил, а также для создания первых в мире ракетных катеров.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО РАКЕТНЫХ КАТЕРОВ В ПОСЛЕВОЕННЫЙ ПЕРИОД

Статья подготовлена по материалам книг Е. И. Юхнина «Боевые катера России» и «История ЦМКБ "Алмаз"», изданных бюро ограниченными тиражами в 1994—1995 гг.

Учитывая опыт Великой Отечественной войны и интенсивное развитие радиолокационных средств и ракетной техники, в 1954 г. в СКБ-5 начаты опытно-конструкторские работы с целью создания ракетных катеров. Уже в 1957 г. впервые в мире на заводе № 5 в Ленинграде были построены и сданы для проведения межведомственных испытаний два экспериментальных ракетных катера пр. 183Э, на которых отрабатывались системы и устройства, ракетный комплекс П-15 (генеральный конструктор А. И. Микоян, его заместитель — А. Я. Березняк), радиолокационные станции обнаружения, опознавания и сопровождения целей (главный конструктор В. А. Кучеров), приборы предстартового контроля и управления пуском ракет (главные конструкторы А. А. Мошков, Д. П. Павлов).

Особенности проектирования первых ракетных катеров заключались в том, что не было прототипов, норм и методик расчетов. Катера были деревянные, водоизмещение — около 80 т. При их создании опасались, что мощная газовая струя стартового двигателя ракеты температурой около 1600° С может поджечь корпус и не будет обеспечена безопасность личного состава. Кроме того, не исключалась возможность большого рыскания катера от усилий, действующих на катер до момента среза стопоров ракет, и от продольных составляющих воздействия газовой струи стартового двигателя на корпус при широко (побортно) расставленных пусковых установках.

Для выработки соответствующих конструктивных решений на морском артиллерийском полигоне (Ржевка) проводились масштабные и натурные испытания средней части корпуса катера с ходовой рубкой и реальным стартовым двигателем. Деревянный настил палубы защищался дюралюминиевыми листами, ходовую рубку изготовили из стали.

Многократные пуски весовых макетов ракет со штатными стартовыми двигателями показали, что вследствие очень малой продолжительности воздействия газовой струи корабельные деревянные конструкции не горят и не повреждаются. Однако они подвергаются динамическому воздействию газовой струи, что необходимо учитывать при расчете их прочности. Кроме того, все конструкции в опасной зоне не должны иметь выступающих элементов, создающих большое лобовое сопротивление.

Полигонные испытания судовых конструкций ракетного катера пр. 183Э

Ракетный катер пр. 183Р («Комар»)

Подпалубные помещения, ходовую рубку и надстройку, в которых должен находиться личный состав, следовало защитить от импульсного — практически мгновенного — нарастания давления в этих помещениях при старте ракеты. Типовым образцом конструктивной защиты являлась композиция из прочной металлической оболочки, эластичного поропласта (типа губчатой резины), одновременно являющегося тепловой и звуковой изоляцией, воздушного слоя и декоративной зашивки.

При первых пусках ракет на полигонах у подопытных кроликов разрушалась барабанная перепонка; по мере доработки и усиления изоляции в конце концов добились сохранения у них барабанных перепонок без повреждений. В итоге личному составу разрешили в помещениях даже не пользоваться шлемофонами.

Для сокращения объема защищаемых корабельных конструкций по длине корабля устанавливались газоотражательные конструкции, отводящие струю от стартовых двигателей за борт.

16 октября 1957 г. при проведении испытаний первых катеров на Черном море предполагалось произвести первые пуски ракет без личного состава на борту. Катер пр. 183Э с подопытными животными (баранами) в помещениях, с которого должен проводиться пуск ракет П-15 (без боевой части), должен был стоять на якорях, с него на поплавках планировалось подать кабели системы управления на другой катер, находящийся на расстоянии 500—800 м. Однако этому помешали поднявшийся ветер и волнение. Тогда руководитель испытаний — главный конструктор проекта Е. И. Юхнин — принял решение произвести пуск ракеты добровольцами.

Место в ходовой рубке занял Е. И. Юхнин, в носовых подпалубных помещениях — начальник отдела Г. В. Кауфман, начальник сектора А. Д. Кегелес, главный строитель Н. И. Мартынычев, сдаточный механик А. А. Буенков. Представители заказчика, заводская сдаточная команда, штатный экипаж и представители контрагентов — всего более 100 чел. — находились на соседнем катере. Необходимо отметить, что командование заказчика и директор завода-строителя запретили своим представителям находиться на катере во время первого пуска ракеты.

Ранее произведенные полигонные испытания вселяли уверенность, что достаточная прочность корабельных конструкций, хорошая изоляция от импульсного шума вполне обеспечат безопасность людей, но все же сомнения оставались. Ходовая рубка с окнами, не защищенными броневыми щитками, легкая двухслойная деревянная палуба, под которой находились люди, ракета на расстоянии полутора метров со стартовым твердотопливным двигателем, имеющим тягу около 40 т, — все это, естественно, не могло не беспокоить.

После проведения необходимых подготовительных работ катер отошел на положенное расстояние от берега, выполнил разворот, лег на заданное направление полета ракеты, и... старт ракеты не состоялся! На берегу, прямо по курсу, появился всадник, которым, как впоследствии выяснилось, оказался комендант полигона — ответственный за безопасность и охрану района предполагаемого падения ракеты, решивший еще раз проверить территорию.

Ракетный катер пр. 205 («Оса») с пусковыми установками ангарного типа

Несмотря на наступающую темному и свежую погоду, катер развернулся, повторил выход на позицию и, наконец, произвел пуск ракеты. Все прошло нормально, без каких-либо существенных поломок и повреждений. Лишь некоторые легкие корабельные конструкции и недостаточно прочно закрепленные на палубе изделия (защитные кожухи, спасательный плотик, отдельные вентиляционные головки) газовой струей снесло в море. Этот пуск развеял последние сомнения в безопасности личного состава.

На испытаниях производилась также отработка самой ракеты и радиолокационных станций «Рангоут» двух типов.

Испытания двух экспериментальных ракетных катеров продолжались до середины 1958 г.

Комиссия госприемки приняла эти катера и рекомендовала к серийной постройке ракетные катера по доработанному, с учетом результатов испытаний, проекту 183Р. По этому проекту построили 112 катеров (завод № 5 — 60 ед., Владивостокский завод № 602 — 52 ед.), часть из них была передана Кубе, Египту и Сирии.

Следующая серия более совершенных ракетных катеров пр. 205 (начало проектных работ — 1955 г.) строилась более 30 лет на ряде заводов отрасли. В корпусе пр. 205 с той же энергетической установкой строили и торпедные катера пр. 206, в том числе с носовым подводным крылом, установка которого при той же мощности главных двигателей повышала скорость хода на 5—7 уз.

Главный конструктор пр. 206 — П. Г. Гойнкис, впоследствии И. П. Пегов и затем — А. П. Городянко, который с 1970 г. был назначен главным конструктором всех модификаций пр. 205 и 206. Всего по пр. 205 для ВМФ СССР, Морпогранохраны КГБ и на экспорт поставлено 427 ед. Их закупали Индия, Египет, Сирия, Куба и др. Вместе с пр. 206 сдано свыше 600 катеров.

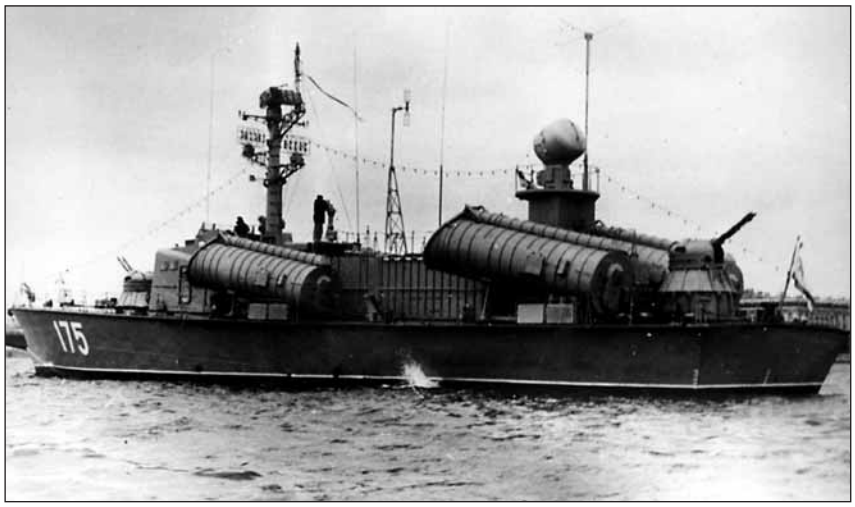
За создание ракетных катеров пр. 205 в 1962 г. конструкторам ЦКБ-5 и его контрагентам — Е. И. Юхнину, А. П. Городянко, В. П. Гусеву, А. Я. Березняку, В. А. Кучерову, А. А. Мошкову, Д. П. Павлову, Н. И. Мартынычеву и В. В. Дмитриеву — присуждена Ленинская премия.

Следует отметить, что экспортные модификации ракетных катеров пр. 183Р и 205 хорошо себя зарекомендовали в арабо-израильском и индо-пакистанском военных конфликтах. Ими уничтожен израильский эсминец «Эллат», поврежден крейсер и потоплено несколько других судов. Не удивительно, что ракетные катера стали широко проектироваться и строиться в большинстве стран НАТО, Японии, Швеции и др.

Естественно, накопленный опыт проектирования, строительства и боевого использования катеров как в нашей стране, так и за рубежом был основой для дальнейшего развития этого направления в кораблестроении.

После создания ракетных катеров «Комар» (пр. 183Р) и «Оса» (пр. 205) с комплексами ракетного оружия П-15 и П-25, имевшего дальность целеуказания в пределах радиогоризонта, конструкторы продолжали совершенствовать эти комплексы и создавать новые, более эффективные. Так, дальность полета ракет П-15 увеличили с 40 до 80 км.

В 1969 г. был сдан флоту головной малый ракетный корабль типа «Овод» (пр. 1234), разработанный конструкторами ЦКБ-5 тремя годами ранее. Главный конструктор проекта И. П. Пегов. По этому проекту в Ленинграде и во Владивостоке построено 37 кораблей для ВМФ СССР и 10 на экспорт (Индии — 3, Алжиру — 3, Ливии — 4). Главные размерения корабля (L x B x H) 59,3 x 11,8 x 5,8 м; полное водоизмещение 684 т; скорость полного хода 36 уз; дальность плавания 800 миль при 30 уз и 1700 миль при 18 уз; главные двигатели — три дизеля М-507 мощностью по 10 000 л. с.; автономность 10 сут; вооружение — шесть ракет П-120 с дальностью полета 120—150 км (главный конструктор ракеты академик В. Н. Челомей, его заместитель А. И. Эйдис); зенитный ракетный комплекс «Оса-М», а также артиллерийское вооружение. На этом корабле установили радиолокационный комплекс «Дубрава», состоящий из станций обнаружения в активном и пассивном режимах, станции управления совместными боевыми действиями и обмена информацией между кораблями, приемной станции получения целеуказания от самолетов или вертолетов (главный конструктор Б. Ю. Тука).



Ракетные катера пр. 205У с пусковыми установками контейнерного типа

Особенностью корабля пр. 1234 было первоначальное расположение рулей между гребными винтами. В этом случае на прямом курсе рули находятся в струе потока воды, имеющей скорость, равную скорости движения корабля. При обычно принятом расположении руля по центру за гребным винтом рули находятся в потоке, имеющем скорость, которая равна сумме скорости корабля и дополнительной — приданной высокооборотными гребными винтами. Поэтому сопротивление воды движению корабля снижается на 2—3%, однако при перекладке рулей хвостовая часть пера попадает в более скоростной поток за гребными винтами, что приводит к раскачке корабля даже на тихой воде. Это явление дополнительно усугублялось несимметричностью потока воды, набегающего на рули, поскольку на корабле установили два главных двигателя правого вращения и один левого. Для исключения этого явления пришлось спроектировать и установить специальную приставку к авторулевому «Самшит».

В 1970 г. в ЦКБ-5 был спроектирован и затем заводом № 5 построен «Ураган» — малый ракетный корабль пр. 1240 на глубокопогруженных автоматически управляемых подводных крыльях (с полным отрывом корпуса от воды на ходу) с корпусом из алюминиево-магниевых сплавов. Его главный конструктор — В. М. Бурлаков.

Ранее для отработки гидродинамического комплекса корабля был спроектирован и построен пассажирский катер «Тайфун», являющийся полунатурной моделью «Урагана». Несмотря на достигнутые высокие гидродинамические качества, вследствие большой сложности изготовления крыльев, угловой колонки и систем автоматики управления крыльями, этот проект в серию не пошел.

В 1973 г. по специальному постановлению правительства ЦМКБ «Алмаз» начало разработку базового проекта 1241 («Молния») водоизмещением до 500 т с более совершенным вооружением и средствами самообороны. По этому проекту в 1979—1980 гг. были построены и сданы головные ракетные катера и малые противолодочные корабли для ВМФ СССР, Морпогранохраны и на экспорт.

После объединения ФРГ и ГДР переданные немцами американским ВМС катера «Молния» в экспортном исполнении прошли всесторонние испытания, получив высокую оценку специалистов: «это изделие (1241РЭ) является одним из самых быстрых и смертоносных судов этого класса в мире»; «этот корабль сделан хорошо и практично... у него современная и мощная двигательная установка для судна такого класса» («Нью-Йорк Таймс», 26 мая — 2 июня 1992 г.).

И сейчас созданные в нашей стране малые ракетные корабли и катера 2-го и 3-го поколений различных модификаций обеспечивают отечественному судостроению лидирующее положение в этой области.

АМФИБИЙНЫЕ ДЕСАНТНЫЕ КОРАБЛИ: ОТ «СКАТА» ДО «ЗУБРА»

В. А. Абрамовский, главный конструктор (ЦМКБ «Алмаз»)

«Алмаз» является ведущим конструкторским бюро в России в области создания как амфибийных, так и скеговых судов на воздушной подушке. С ним связана большая часть истории СВП в России.

Но начало этому классу судов в нашей стране и в мире было положено талантливым советским ученым В. И. Левковым, построившим и испытавшим в 1935 г. на Плещевском озере под Москвой свой первый катер на воздушной подушке Л-1. Когда спустя 20 лет англичанин Кристофер Сидней Коккерелл прошел на своей парящей платформе через Ла-Манш, и мир восторгался гениальным изобретателем судов нового класса, профессора Левкова уже не было в живых, а поднять голос в защиту отечественного приоритета было некому. Первенство было признано за Англией.

Однако этот печальный исторический парадокс никоим образом не повлиял на творческую мысль наших конструкторов и инженеров. В 1960 г. в СССР была принята крупная программа по созданию "летающих" десантных кораблей. Для отработки конструктивных решений были созданы несколько полунатурных самоходных моделей. Но объем исследований возрастал, выявляя перед конструкторами все новые и новые задачи. Флот, в свою очередь, требовал результата.

И тогда на базе одной из моделей создали десантный штурмовой катер на воздушной подушке пр. 1205 («Скат»). Его масса 27 т, скорость 50 уз, суммарная мощность трех двигателей 1720 кВт, вместимость до 40 чел. Главным конструктором был Л. В. Озимов. Проект получился настолько удачным, что его пустили в серию и начали поставлять почти на все флоты страны. Построили также три катера для службы поиска и спасения космонавтов.

Итак, первой серийной советской "подушкой" стал «Скат». А должен был — танконесущий малый десантный корабль «Джейран» (пр. 12321), чьей натурной моделью «Скат» и являлся. «Джейран» вошел в строй в 1970 г. и в течение 15 лет являлся крупнейшим в своем классе. Масса его 355 т, скорость 50 уз, вооружение — две спаренные 30-мм установки АК-230, вместимость — два средних или четыре легких танка, или пять БТР, или 80 т груза, энергетическая установка — Д-4 (два двигателя НК-12 по 11 765 кВт каждый), дальность плавания 500 миль, автономность 5 сут.

На этом проекте впервые для обеспечения устойчивости воздушная подушка была разделена гибкими перегородками по ДП и миделю. Для повышения надежности были также предусмотрены два синхронизирующих вала между двигателями, что позволяло кораблю некоторое время идти под одной энергетической установкой.

Десантный корабль на воздушной подушке пр. 12321 («Джейран»)

Десантный корабль на воздушной подушке пр. 12061 («Мурена»)

Первые "подушки", в том числе и «Джейраны», делались клепаными, но после освоения в стране технологии сварки алюминиевых панелей корпуса таких кораблей стали сварными. За 15 лет построено и сдано флоту 18 кораблей, которые поступили на Балтику и Черное море, где их дальность плавания обеспечивала наибольшую эффективность.

По мере освоения флотом нового типа десантных кораблей стали вырисовываться их преимущества и недостатки. Ахиллесовой пятой были малая дальность и автономность, ограниченная мореходность.

Конструкторам предложили совместить высокую дальность и мореходность плавания больших десантных кораблей (типа «Иван Рогов») с быстротой и амфибийными качествами СВП. В соответствии с док-камерой БДК «Иван Рогов» и были определены главные характеристики нового СВП «Кальмар» (пр. 1206) — главные конструкторы Л. В. Озимов, Ю. П. Семенов. А именно: длина 24,6 м, ширина 10,8 м, полное водоизмещение 115 т. Интересно, что первоначально на «Кальмаре», как и у американцев, грузовой отсек представлял собой открытую платформу. Однако на первых же испытаниях, проходивших

Десантные корабли на воздушной подушке пр. 1206 («Кальмар»)

при температуре воздуха около нуля, поднимавшиеся подушкой брызги привели к интенсивному обледенению, поэтому от открытых грузовых платформ категорически отказались. Грузоподъемность катера составила 37 т, что позволяло принять на борт один средний танк Т-54 или два плавающих танка ПТ-76.

Впервые на этом корабле применили в качестве маршевого движителя винты регулируемого шага в кольцевых насадках, что дало возможность увеличить тягу движителя, снизить уровень шума, а также защитить лопасти винта. Катер имел максимальную скорость 55 уз и дальность плавания 100 миль.

Отработав на двух головных корпусах, построенных на Морском заводе, технические и конструктивные замечания флота, ЦМКБ «Алмаз» передал рабочую документацию для серийного строительства "кальмаров" феодосийскому заводу «Море», который изготавливал их с 1971 по 1985 г. В то время это был самый мощный и технически оснащенный завод в Советском Союзе по строительству судов из алюминиево-магниевых сплавов, в том числе СВП.

Низкие гидроакустические и магнитные поля, присущие кораблям на воздушной подушке, позволяют эффективно их использовать для траления морских мин. На базе пр. 1206 был разработан телеуправляемый тральщик, который серийно строился в середине 80-х годов.

В конце 1979 г. как дальнейшее развитие «Ската» был разработан проект десантно-высадочного катера «Омар» пр. 1209 (главные конструкторы Ю. П. Семенов, Ю. М. Мохов). Масса катера 54 т, максимальная скорость 60 уз, вооружение — спаренный 12,7-мм пулемет «Утес-М» и гранатомет БП-30, энергетическая установка — газотурбинный двигатель мощностью 6000 кВт, дальность плавания 300 миль, вместимость — 60 десантников или 6 т груза. Технические решения, воплощенные в «Омаре», до настоящего времени не устарели и могут быть использованы при проектировании и строительстве СВП водоизмещением до 60 т, грузоподъемностью до 30 т и скоростью хода до 50 уз.

Между тем, заказчик в лице Министерства обороны потребовал создать многоцелевой десантный корабль, который мог бы двигаться не только по морю и выходить на пологий песчаный берег, но и проходить по болотным топям, тундре с кустарником и небольшими деревьями, преодолевать траншеи и малые преграды. Ставилась также задача перевозить бронетехнику в сопровождении десантных подразделений.

Под руководством главного конструктора Ю. П. Семенова в начале 80-х годов был создан пр. 12061 — «Мурена»: наибольшая длина корпуса 32 м, ширина 5 м, высота подушки 1,45 м, грузоподъемность до 42 т, радиус действия 200 км при автономности 1 сут, максимальная скорость хода 55 уз.

Десантный корабль на воздушной подушке пр. 12322 на ходу

Одним из главных компоновочных отличий «Мурены» от своих морских предшественников было размещение поста управления. Для обеспечения кругового обзора в условиях пересеченной местности, защиты от мин и ломаемых деревьев, надежности приводов управления за счет сокращения их длины и эффективности использования оружия, пост управления находился непосредственно перед движителями, ближе к корме.

Вооружение состояло из двух шестиствольных 30-мм автоматических пушек АК-306, двух башенных установок 30-мм гранатометов БП-30 с боезапасом по 400 выстрелов, а для борьбы с основным своим противником — авиацией — четыре ЗУР-1 «Игла». Корабль мог принять на борт три бронетранспортера, или два БМП, или 130 десантников. При ограничении скорости он мог доставить груз массой до 42 т (танк Т-80). Катер приспособлен также к приему несамоходной техники и грузов, для этого, помимо аппарели, носовая часть палубной надстройки оснащена подъемной секцией, что обеспечивает крановую погрузку на десантную палубу. В новое СВП были заложены и уникальные функции минного заградителя.

Катер на воздушной подушке «Чилим» (пр. 20910)

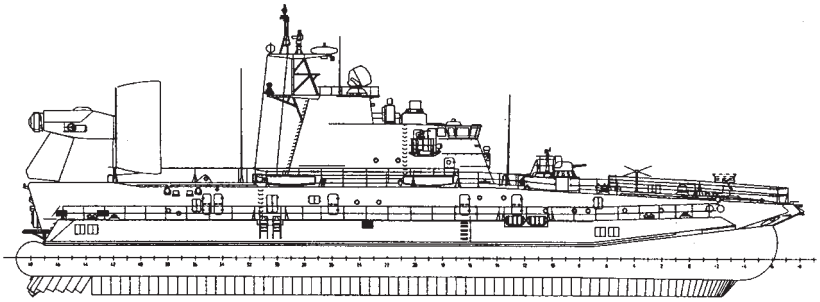
Испытания показали, что в реальных условиях эксплуатации катер преодолевает: при выходе на берег — вертикальный обрыв высотой до 1,2 м; канавы и рвы глубиной до 1—1,5 м; берег высотой до 2,5—3 м с уклоном до 14° при скорости 10—15 уз. Серийное строительство катера было развернуто на Хабаровском судостроительном заводе с 1985 г. по 1992 г.

Сейчас «мурены» переданы морским силам Федеральной пограничной службы для усиления охраны государственных границ на Дальнем Востоке, а также со странами Балтии.

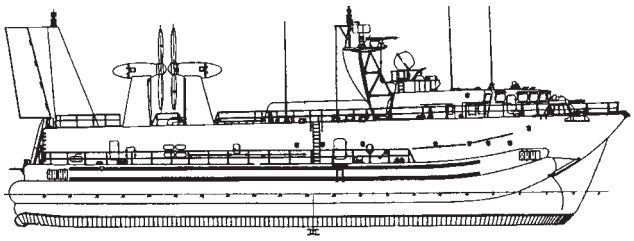
Крупнейшим шагом в развитии больших кораблей на воздушной подушке стали серийно строившиеся с 1988 г. десантные корабли «Зубр» (пр. 12322), которые и сейчас являются самыми большими кораблями этого типа в мире (главные конструкторы Ю. М. Мохов, Ю. П. Семенов, затем Г. Д. Коронатов). При их создании был использован многолетний опыт проектирования и постройки амфибийных кораблей на воздушной подушке.

Первое, что отличает «Зубра» от своих предшественников, — обтекаемый сплюснутый нос. Этим решается задача как снижения лобового сопротивления, так и смещения в корму, за центр масс, центра боковой парусности. Второе — размещение маршевых двигателей над верхней палубой, на пилонах, что позволило уменьшить массу за счет исключения сложных и тяжелых приводных валов винтов, повысить живучесть агрегатов путем их пространственного разнесения и освободить место для кормовой аппарели.

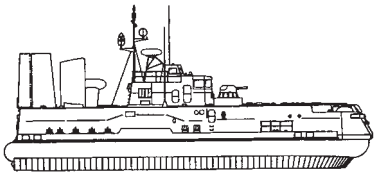
Основные характеристики «Зубра»: водоизмещение полное 550 т, дли-



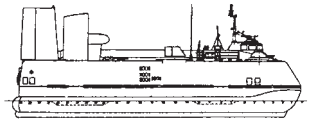
пр. 12322 «Зубр»



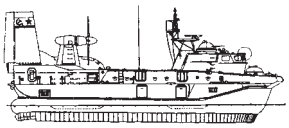
пр. 12321 «Джейран»



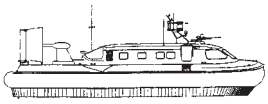
пр. 12061 «Мурена»



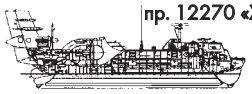
пр. 1206 «Кальмар»



пр. 1209 «Омар»



пр. 12270 «Харза»



пр. 1205 «Скат»

на габаритная 57,3 м, ширина габаритная 25,6 м, высота габаритная 21,9 м, скорость 60 уз, дальность до 1000 миль, автономность до 5 сут, энергетическая установка — пять газотурбинных двигателей ГТД-8000 по 760 кВт, грузоподъемность — три танка Т-80, или 10 БТР, или 360 чел.

Вооружение корабля: 32 переносных зенитно-ракетных комплекса «Игла-М», две 22-ствольные реактивные системы залпового огня «Огонь» (корабельный вариант установки «Град»), две 30-мм артиллерийские установки АК-630М.

Серийное строительство этих уникальных кораблей осуществлялось до 1992 г. на Морском заводе в Ленинграде и в феодосийском ПО «Море». Сегодня строительство прекращено, но, как показывает практика, этот корабль настолько опередил свое время, что потребность в нем обязательно возникнет и не только в России.

Реализуя программу конверсии, ЦМКБ «Алмаз» разработало в последнее время целый ряд проектов амфибийных СВП различного назначения. В их числе речное грузовое судно «Бобер» (пр. 18810), пассажирское СВП (пр. 19870), многоцелевой КВП «Чилим» (пр. 20910). Главное отличие этих проектов от своих военных предшественников — экономичность при сохранении скорости 40—50 уз. Это достигается использованием дизельных двигателей с воздушным охлаждением.

В этом обзоре нельзя не упомянуть о масштабах научно-технических исследований и разработок, проводившихся для обеспечения проектирования СВП. К работам были привлечены ведущие научно-исследовательские институты авиационной, судостроительной, электронной, электротехнической, резинотехнической, текстильной, металлургической промышленности. В области ходкости, управляемости и мореходности теоретические и модельные исследования велись Центральным аэрогидродинамическим институтом им. Н. Е. Жуковского и ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова, которые создали необходимые методики расчетов, проводили модельные эксперименты. Большой объем исследований был связан с созданием гибких ограждений. На собственной исследовательской базе ЦМКБ «Алмаз» испытано более 20 различных схем ограждений. Научно-исследовательскими институтами установлены зависимости прочности и износостойкости материалов гибких ограждений от характера применяемых волокон, кручения и вида плетения нитей, пропиток и состава покрывающих резиновых смесей.

Для СВП разработали специальный профиль лопастей воздушных винтов, за счет чего был достигнут высокий КПД на малых, по сравнению с самолетами, скоростях. Для привода винтов, нагнетателей и других потребителей были созданы высокотемпературные газотурбозубчатые агрегаты. По своим массогабаритным показателям они по сей день занимают лидирующее место в мире. Особое внимание обращалось на решение проблемы очистки от морских солей воздуха, поступающего в главные двигатели. Разработанная и примененная система воздухоочистки позволяет обеспечить длительную работу газовых турбин без снижения их параметров при солености воды до 30 промилле включительно.

У маршевых двигателей «Зубра»

Специалистами ЦМКБ «Алмаз» разработаны и испытаны различные схемы управления СВП (аэродинамические рули, струйные рули, винты изменяемого шага). Каждая такая система имеет свои преимущества и недостатки, и опыт «алмазовцев» позволяет заранее предсказать, насколько эффективна будет та или иная система автоматического управления.

В заключение можно с уверенностью утверждать, что уникальный опыт специалистов ЦМКБ «Алмаз» позволяет им решать любую задачу по созданию амфибийных кораблей на воздушной подушке.

«БОРА» И «САМУМ»: УДАРНЫЕ КОРАБЛИ СКЕГОВОГО ТИПА — ПРИОРИТЕТ РОССИИ

В. И. Корольков, главный конструктор (ЦМКБ «Алмаз»)

Бора — жестокая буря, падающий ветер, достигающий силы урагана, наступает стремительно... Самум — огненный ветер, дыхание смерти — горячая, сухая, внезапно начинающаяся пыльная буря..., вихрь раскаленного воздуха... («Словарь ветров». Л.: Гидрометеоиздат, 1983).

Имена, присвоенные ВМФ первому (опытному) и второму (головному) кораблям «Бора» и «Самум», — как ничто другое выражают суть созданного в последнее десятилетие Советского Союза ракетного корабля на воздушной подушке 2 ранга (РКВП) по проекту 1239 («Сивуч»).

Вошедший в состав Черноморского флота РКВП «Бора» и ставший с тех пор известным военно-морским специалистам мира под кодовым наименованием НАТО «Дергач», корабль является с начала 90-х годов крупнейшим в практике российского и мирового кораблестроения быстроходным боевым кораблем, использующим новую для боевых кораблей гидродинамическую платформу — катамаран с аэростатической воздушной разгрузкой.

Сегодня в мире только ВМФ России и Королевские ВМС Норвегии имеют в своем составе КВП скегового типа. Это подлинно боевые, а не экспериментальные корабли, способные с большей, чем обычные корабли, эффективностью выполнять задачи в современном морском бою, практически не испытывая негативного воздействия моря. РКВП «Бора», входящий в состав сил постоянной готовности, является самым мощным по ударному потенциалу кораблем Черноморского флота. Второй корабль проекта — РКВП «Самум» — проходит испытания на Балтийском флоте и должен закончить их в 1999 г. Девять кораблей ВМС Норвегии относятся к классу минно-тральных, имеют водоизмещение в три с лишним раза меньшее, чем РКВП «Бора», и предназначены для выполнения узких специализированных задач.

Созданный по проекту ЦМКБ «Алмаз» и построенный Зеленодольским заводом им. А. М. Горького, испытанный и освоенный бригадой ракетных катеров Черноморского флота, РКВП «Бора» является результатом многолетней, целенаправленной работы промышленности и ВМФ.

Начало работ (1972 г.) относится к тому времени, когда ВМФ СССР, имея четко сформулированную концепцию применения флота в рамках общей системы взглядов на роль и задачи вооруженных сил страны, мог позволить себе заказать работы по созданию боевых КВП скегового типа для различных морских зон.

По существовавшей в то время практике жесткого распределения проектов применительно к специализациям ЦКБ, исследование возможности создания кораблей дальней морской зоны было поручено Северному ПКБ, противолодочных кораблей морской зоны — Зеленодольскому ПКБ, а ударных кораблей ближней морской зоны — ЦМКБ «Алмаз».

В силу различных концептуальных, технических, организационных и финансовых причин работы Северного и Зеленодольского ПКБ были прекращены, и до логического завершения был доведен только проект ЦМКБ «Алмаз».

Ракетные корабли на воздушной подушке пр. 1239 являются логическим развитием проектов малых ракетных кораблей, построенных по пр. 1234, 12341. РКВП вобрали в себя весь огромный опыт, приобретенный судостроительной промышленностью страны при создании десантных КВП 3 ранга пр. 1232, 12321, 12322.

Обширные модельные испытания в бассейнах ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова и открытом водоеме испытательной базы ЦМКБ «Алмаз», проверка прочности корпуса и гибкого ограждения на крупноразмерных образцах на испытательных стендах, отработка вопросов гидродинамики и прочности, режимов работы двигательно-движительной и подъемной установок на самоходных моделях водоизмещением от 2 до 60 т, проектирование и постройка нового 1000-тонного корабля с отработкой технологии изготовления крупных конструкций из алюминиево-магниевых сплавов и большеразмерных гибких ограждений, расширенные испытания корабля, проведенные вначале промышленностью, а затем ВМФ,позволили в 1989 г. ввести в состав флота мощный, скоростной, с высокой мореходностью боевой корабль. Опытная эксплуатация корабля «Бора» на Черноморском флоте продолжила комплексную и углубленную проверку гидродинамической платформы нового типа. Главными целями в этот период были отработка тактических приемов боевого использования корабля, сбор информации о работе корпуса, гибкого ограждения, энергетической установки в различных гидрометеорологических условиях и при различных скоростях, отработка вопросов базирования и технического обслуживания. Проведенные испытания, 13 000 миль, пройденных кораблем, 1200 ч хода на воздушной подушке, боевые стрельбы, штормовые плавания, плановые докования полностью подтвердили правильность заложенных в проекте корабля новых технических решений.

Десятилетняя эксплуатация РКВП «Бора» показала не только техническое совершенство корабля и его высокую эксплуатационную живучесть, в том числе и в сложнейших экономических условиях последних лет, но и позволила отработать различные варианты боево-

«Икар» — самоходная скеговая модель

Экспериментальный скеговый катер «Стрепет»

РКВП «Бора» в составе Черноморского флота

го использования, например, в качестве флагманского корабля различных тактических групп, командного пункта группировки разнородных ударных сил флота, включая штурмовую авиацию. Это дало основание командованию Черноморского флота считать, что корабли пр. 1239 по своим тактико-техническим характеристикам являются оптимальными ударными кораблями для незамерзающих закрытых морских театров, существенно усиливающими боевой потенциал бригад ракетных катеров.

РКВП «Бора» обладает уникальными кораблестроительными качествами. В первую очередь к ним следует отнести трансформируемость гидродинамической платформы и многовариантность использования двигательно-движительной установки. С одной стороны корабль — это катамаран с диапазоном скоростей до 25 уз, с другой — быстроходный КВП с максимальной скоростью свыше 50 уз. В обоих случаях энергетическая установка типа CODAG и комбинированная движительная система позволяют кораблю иметь широкий спектр режимов движения, как в нормальном, так и аварийном состоянии. Имея две раздельные двигательно-движительные установки маршевого и полного хода, способные работать раздельно и совместно, корабль может двигаться в трех главных режимах (катамаран, КВП-1 и КВП-2), что обеспечивает практически стопроцентную гарантию хода в любой ситуации. За все прошедшие годы не было случая, чтобы РКВП «Бора» возвращался в базу на буксире.

Более того, была проверена возможность движения вообще с выключенными движителями. Корабль при работе только двигателей-нагнетателей (на 40% мощности) двигался благодаря реакции истечения воздуха из воздушной подушки в корму против ветра (7 м/с) со скоростью 3 уз.

Главное оружие РКВП «Бора» — ракетный комплекс «Москит». Он позволяет кораблю в одиночку и в составе корабельной группы уничтожать надводные корабли и транспорты любого водоизмещения в условиях применения современных средств огневого и радиоэлектронного противодействия. Комплекс включает в себя систему управления, две счетверенные пусковые установки и восемь ракет, автономен, имеет собственные средства целеуказания и целераспределения. Бортовая система управления ракеты после входа ее в зону нахождения целей обеспечивает автономный поиск и выбор цели по задаваемому критерию.

Относительно небольшие размеры корабля, возможность использования собственных активных и пассивных средств радиотехнического противодействия существенно уменьшают возможность раннего обнаружения выходящего в атаку РКВП «Бора», а сверхзвуковая скорость полета ракет, идущих на предельно низкой высоте на маршевом и конечном этапах траектории, с противозенитным маневром, делают атаку корабля практически неотразимой. Восьмиракетный залп производится всего за 30 с, а назначенные для поражения цели могут находиться на расстоянии от 10 до 120 км.

Зенитный ракетный комплекс типа ОСА-МА обеспечивает обнаружение, опознавание, сопровождение и поражение противокорабельных крылатых ракет, воздушных низколетящих и морских целей в ближней зоне, на расстоянии от 1,2 до 10 км.

Спаренная подпалубная подъемная пусковая установка ЗИФ-122, входящая в состав комплекса ОСА-МА и обеспечивающая пуск зенитных управляемых ракет типа 9М33М, размещена в кормовой части корабля. Система управления комплекса включает в себя станцию обнаружения, сопровождения целей и визирования своих ракет, а также аппаратуру передачи команд. Наведение ракет на цель осуществляется радиокомандным методом, а подрыв боевой части — неконтактным радиовзрывателем или радиокомандным методом.

Две артиллерийские установки АК-630М калибром 30 мм предназначены для самообороны корабля от противокорабельных ракет на ближайшем рубеже. Малое рассеивание снарядов и высокая скорострельность (до 5000 выстр./мин), применение осколочно-фугасных и осколочно-трассирующих выстрелов обеспечивают высокую вероятность поражения ракет противника. Кормовая артиллерийская установка сопряжена с ЗРК ОСА-МА и при совместной работе образует единый зенитный ракетно-артиллерийский комплекс ПВО.

Одна артиллерийская установка АК-176М калибром 76 мм и скорострельностью 120 выстрелов в минуту, размещенная в носовой части корабля, обеспечивает самооборону корабля от низколетящих воздушных целей и поражение морских целей на горизонтальной дальности стрельбы до 11 км. В качестве боеприпасов используются унитарные патроны с осколочно-фугасными снарядами нескольких типов с ударным или дистанционным взрывателем.

Обнаружение воздушных и морских целей, опознавание, целераспределение, сопровождение целей, выработка данных для стрельбы артиллерийских установок АК-176М, АК-630М обеспечивается совместной работой радиолокационных станций типа «Позитив-Е», МР-123-01 и 4Р-33. При этом станции МР-123-01 и 4Р-33 могут работать в режиме обнаружения и опознавания автономно.

Активные и пассивные средства радиоэлектронного противодействия (комплекс типа МП405, пусковые установки ПК-16 и ПК-10) позволяют обнаруживать работу радиоэлектронных средств противника, формировать для них направленную помеху, создавать ложные уводящие или маскирующие цели с помощью выстреливаемых радиолокационных и оптико-электронных снарядов.

Проверенная на практике маскировочная окраска, средства уменьшения радиолокационной заметности позволяют адаптировать корабль к фактическим условиям базирования и составу корабельных группировок.

В 1997 г. командующий Черноморским флотом В. А. Кравченко (ныне — начальник Главного штаба ВМФ России) принял решение о введении РКВП «Бора» в состав сил постоянной готовности, и корабль приступил к регулярному несению боевого дежурства.

Созданный в период максимального подъема Вооруженных Сил страны, испытанный в годы заката СССР, прошедший опытную эксплуатацию во время практического забвения Черноморского флота и вступивший в состав сил постоянной готовности уже в Черноморском флоте Российской Федерации, РКВП «Бора» — первый корабль пр. 1239, практически подтвердивший возможность сохранения своего боевого потенциала в любых условиях. Об этом говорят факты. Корпус, изготовленный из алюминиево-магниевых сплавов, в условиях Черного моря и фактического междокового периода, в несколько раз превышающего проектный (в начале 90-х годов достигавшего 39 мес) при нештатно работающей системе катодной защиты за 13 лет после спуска не имел ни одного среднего ремонта, сегодня признан Черноморским флотом полностью пригодным к эксплуатации без каких-либо ограничений. То же относится к гибкому ограждению, имеющему к сегодняшнему дню фактическую наработку, соответствующую 2,5 назначенным ресурсам.

Ракетные комплексы, артиллерийское оружие и радиотехнические системы, длительно бездействовавшие (с 1991 по 1997 г.), после нормального, предусмотренного правилами эксплуатации, приведения их в исходное состояние без каких-либо проблем обеспечили ракетные пуски (одиночные и залповые), артиллерийские стрельбы, обнаружение целей и управление групповыми действиями, вплоть до группировки разнородных ударных сил.

Черноморцы по праву считают РКВП «Бора» кораблем XXI века.

Отвечая авторам справочника Jane's Fighting Ships, утверждающим, что строительство серии кораблей пр. 1239, после РКВП «Бора» и «Самум», отложено из-за якобы ненадежности корабля, поясняю и подчеркиваю: постройка серии кораблей пр. 1239 не начиналась по тем же причинам, почему сейчас не производятся и другие прекрасные образцы отечественной военной техники, то есть политическим и экономическим. Русские корабелы умеют делать современное оружие.

Проект 1239 — это этапный шаг в работе ЦМКБ «Алмаз». На основе отработанных в процессе создания РКВП «Бора» и его гидродинамической платформы вопросов проектирования и изготовления корпусов из алюминиево-магнитных сплавов, гибких ограждений, включая уникальные по своим размерам, а также опыта создания других кораблей и катеров различного назначения специалисты ЦМКБ «Алмаз» могут и готовы создать, используя принцип воздушной подушки, для любого заказчика ракетные, противолодочные, сторожевые корабли и катера, корабли и катера береговой охраны, корабли охраны зоны экономического влияния, корветы для сопровождения транспортных и пассажирских судов в районах морского пиратства, быстроходные военные транспорты сил быстрого развертывания для районов ближней морской зоны, не исключая и их гражданских версий — быстроходных паромов водоизмещением от 100 до 1000 т со скоростями 45—50 уз.

ЦМКБ «Алмаз» сегодня разработало технико-экономическое обоснование и предлагает целый ряд проектов автомобильно-пассажирских паромов для интермодальных перевозок в транспортном коридоре ФРГ — Калининградская область — Ленобласть — Санкт-Петербург в рамках концепции «Балтийский мост» и стратегического плана развития Санкт-Петербурга.

Многочисленные задачи, решенные при создании корабля пр. 1239, делают ЦМКБ «Алмаз» сегодня монопольным владельцем знаний по проектированию большеразмерных убирающихся гибких ограждений, корпусов из легких сплавов для крупных кораблей и судов на воздушной подушке, специальных устройств уборки и постановки гибких ограждений и движителей, гидродинамических комплексов, комбинированных двигательно-движительных комплексов с гребными винтами, работающими в условиях воздушной подушки скегового корпуса корабля, воздушной подушки, адаптивной к условиям движения корабля.

КРЫЛАТЫЙ «УРАГАН»

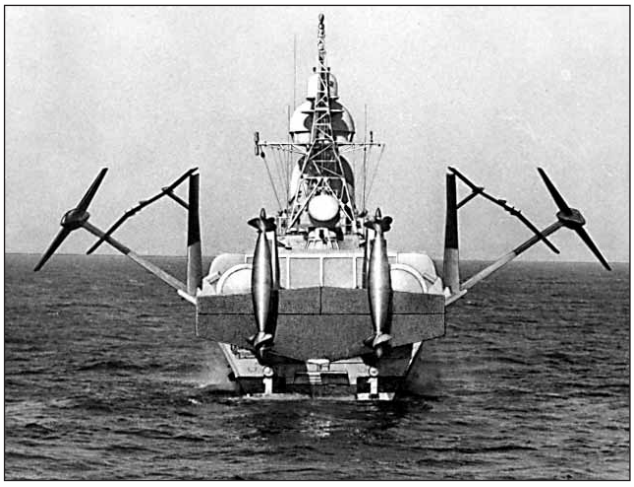
Александр Кузенков

В 1964 г. ЦКБ-5 получило задание на проектирование опытного малого ракетного корабля на глубокопогруженных автоматически управляемых крыльях. Первые два года конструкторские работы велись на базе уже созданного корпуса малых ракетных кораблей семейства «Овод». В качестве основного вооружения планировалось размещение 4—6 противокорабельных крылатых ракет «Термит». Затем конструкторам предложили усилить вооружение корабля за счет более мощных и дальнобойных ракет «Малахит», а в итоге родился принципиально новый проект «Ураган».

Для отработки формы корпуса и системы подводных крыльев была создана своеобразная масштабная модель будущего корабля — опытный пассажирский катер на подводных крыльях «Тайфун». Он был построен по проекту главного конструктора В. М. Бурлакова на верфи ленинградского ПО «Алмаз» в 1969 г. и имел водоизмещение 65 т. Более года на нем проводились натурные испытания крыльевого и движительного комплексов; их результаты были использованы для окончательного проекта «Ураган». Главным конструктором проекта также являлся В. М. Бурлаков, а главным наблюдающим от ВМФ — капитан 1-го ранга А. И. Косоруков. «Ураган» предполагалось использовать в качестве опытного образца, а после завершения всесторонних испытаний — принять решение о строительстве серии.

В 1975 г. головной опытный малый ракетный корабль (МРК-5) был построен на Приморском судостроительном

Опытный пассажирский катер на глубокопогруженных автоматически управляемых подводных крыльях «Тайфун» (пр. 1233)



Малый ракетный корабль пр. 1240 («Ураган»)

заводе. В 1976 г. МРК-5 провел в штормовых условиях Балтики 15 сут. В течение года корабль прошел 1310 морских миль за 370 ходовых часов, в том числе 36 ч шел в крыльевом режиме. В 1977 г. в период сдаточных испытаний МРК-5 прошел 720 миль и находился в море 36 сут, проведя на крыльях 63 ч. Перед новым 1978 г. акт приемки МРК-5 от промышленности был подписан, но и весь 1978 г. корабль провел на Балтике в опытной эксплуатации.

В 1979 г. корабль был переведен по внутренним водным путям на Черное море. Опытная эксплуатация МРК-5 продолжалась по 1982 г. включительно, но уже в составе бригады ракетных катеров Краснознаменного Черноморского флота.

Что же представлял собой опытный малый ракетный корабль на подводных крыльях МРК-5? Военно-морские справочники мира уделяли в свое время немало внимания этому кораблю, получившему в НАТО кодовое обозначение «Саранча». Корабль имел корпус из алюминиево-магниевого сплава, стандартное водоизмещение 348 т, а полное — 432 т. Длина корпуса по ватерлинии 49,6 м, максимальная (по поднятым крыльям) — 56,6 м. Ширина корпуса 8,98 м, по носовым крыльям — 10,2 м. Максимальная осадка с опущенными крыльями достигала 8 м.

В качестве главных двигателей были применены два газотурбинных агрегата, работавших через редукторные передачи на четыре гребных винта «тандем» в опускаемых крыльевых кормовых колонках. Мощность каждой турбины — 18 000 л. с. Для движения в водоизмещающем положении использовались так называемые дизели УМХ (установки малого хода) суммарной мощностью 2000 л. с. Оба дизеля работали на два водометных движителя. Скорость хода в водоизмещающем режиме достигала 10 уз, а на подводных крыльях — 60 уз. Дальность плавания при скорости хода 45 уз составляла 640 миль, автономность по запасам — 5 сут.

Главным вооружением МРК-5 являлись две спаренные бортовые ненаводящиеся пусковые установки крылатых ракет «Малахит». Зенитное вооружение — расположенный в носовой части ракетный комплекс самообороны «Оса-М» с боекомплектом в 20 зенитных ракет. На надстройке в ее кормовой части размещался шестиствольный 30-мм автомат с боекомплектом 2000 снарядов. Специально для МРК-5 был создан целый ряд систем, устройств и механизмов. В их числе можно назвать комплекс радиолокационных антенн, систему автоматического управления подводными крыльями и др.

Корабль легко выходил на крылья, выполненные из титана. По бортам перед надстройкой были расположены два носовых крыльевых устройства, состоящих из двух отдельных глубокопогруженных крыльев с элементами, пересекающими свободную поверхность воды. Кормовое крыльевое устройство состояло из полногруженного плоского крыла, боковые стойки которого одновременно использовались для размещения угловой редукторной передачи. На палубе корабля размещались гидроцилиндры подъема крыльевых устройств. Мореходность МРК-5 превышала 5 баллов с сохранением скорости хода 50 уз, при этом амплитуда бортовой и килевой качки не превышала 2°.

За период эксплуатации МРК-5 провел две ракетные стрельбы главным

комплексом и три стрельбы зенитными ракетами «Оса-М». В 1986 г. он провел в море 38 сут и прошел за это время 528 морских миль. Всего за этот год корабль имел 210 ходовых часов, из них 20 ч — в движении на подводных крыльях.

Конструкция корабля в целом оказалась достаточно живучей, но для столь сложного корабля требовался экипаж моряков-профессионалов. Матросам срочной службы оказалось не под силу освоить несение вахты на корабле, насыщенном сверхсовременной аппаратурой и автоматикой, а в результате — частые поломки и аварии. По ряду причин сохранить МРК-5 для флота не удалось, и в 1990 г. он был списан на слом. Так окончился жизненный путь этого очень интересного и необычного корабля.

Статья с небольшими сокращениями перепечатана из газеты Черноморского флота РФ «Флаг Родины» (Севастополь) от 11 марта 1999 г.

ПРОЕКТНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ: БЫСТРОХОДНЫЙ КАТЕР—ПОДВОДНАЯ ЛОДКА[1]

Э. А. Афрамеев, канд. техн. наук
(ГНЦ ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова)

Разработка опытного малого погружающегося ракетоносца пр. 1231, действительно, может быть названа проектным экспериментом. Это была уникальная попытка создать, по-существу, принципиально новый тип корабля.

Разработка пр. 1231 была поручена ЦКБ-19 (после слияния с ЦКБ-5 — ЦМКБ «Алмаз») по указанию лично Н. С. Хрущева, что и предопределило серьезность постановки задачи и упорство участников проекта в ее решении как со стороны коллектива бюро, так и руководства Минсудпрома и ВМФ. К работам по проекту привлекались многие предприятия Минсудпрома и других ведомств (ЦКБ-16, ЦАГИ, ЛКИ, Морской завод, Судомех и др.).

В соответствии с ТТЗ корабль предназначался для нанесения внезапных ракетных ударов по боевым кораблям и транспортам в узкостях, на подходах к военно-морским базам и портам противника, участия в обороне побережья, районов базирования флота и приморских флангов сухопутных войск, отражения высадки десантов и нарушения морских коммуникаций противника, а также для несения гидроакустического и радиолокационного дозора в местах рассредоточенного базирования флота.

Предполагалось, что при решении указанных задач группа подобных кораблей развертывается в заданном районе и длительное время находится в погруженном положении на позиции ожидания или сближается с противником также в подводном положении, поддерживая контакт с ним гидроакустическими средствами. Сблизившись, ракетоносцы всплывают, на большой скорости выходят на рубеж ракетного залпа и выпускают ракеты, затем снова погружаются в воду или отрываются от противника с максимальной скоростью в надводном положении. Нахождение ракетоносцев в погруженном положении и большая скорость хода при атаке должны были уменьшить время их нахождения под огнем противника.

Проектирование столь необычного корабля представляло собой трудную задачу, о чем свидетельствует как сам ход работ, так и большое число промежуточных стадий проектирования, закончившихся техническим проектом опытного корабля и макетированием основных помещений. В табл. 1 представлены стадии проектирования корабля, а в табл. 2 — окончательные тактико-технические элементы.

Совмещение противоречивых требований для надводных кораблей и подводных лодок в одном объекте приводило к постоянным изменениям. Ввиду выявившейся особой сложности задачи было принято решение рассматривать корабль пр. 1231 как опытный, на котором должны быть отработаны все возникшие при проектировании вопросы.

Уже на ранних стадиях рассматривалась широкая гамма вариантов облика корабля применительно к различным принципам обеспечения высокой скорости надводного хода: движению на подводных крыльях, глиссированию, плаванию с увеличенными скоростями, движению на воздушной подушке и скоростному движению в режиме РДП

Таблица 1

Стадии проектирования корабля пр. 1231

Тактико-технические элементы	Предэскизная проработка 1958 г.	Нулевой этап эскизного проекта 1959 г.	Эскизный проект 1959 г.	Эскизный проект 1962 г.	Инициативный вариант эскизного проекта 1962 г.	Нулевой этап технического проекта 1963 г.	Технический проект 1963 г.
Полное водоизмещение, т	130	170—225	270—272	316—350	350	380—423	440—460
Скорость хода, уз:							
надводного	46—50	31—42	35—40	28—45	48	42—60	33—42
подводного	6—7	3—5	2,5—4	4	3—4	3	3,6—4
Дальность плавания, миль:							
надводная	200—250	400—500	700	600—700	700	400—700	700
подводная	30	20	12	20	20	20	25
Суммарная мощность двигателей надводного хода, л. с.	12 000	11 000—18 000	18 000	18 000	18 200	24 000—30 000	24 000
Варианты типов ГЭУ надводного хода	Турбины	Турбины, дизели	Дизели	Дизели	Дизели	Турбины, дизели	Дизели
Варианты гидродинамического комплекса	Два подводных крыла	Одно подводное крыло	Два и три подводных крыла	Одно и два подводных крыла	Два подводных крыла	Два подводных крыла	Одно и два подводных крыла; без крыльев
Число ракет	2	2	2	2	4	4	4

[1]Данная статья является расширенным авторским вариантом статьи «Ныряющие катера-ракетоносцы», опубликованной в «Военном параде», 1998, № 3.

Таблица 2

Основные тактико-технические элементы вариантов корабля пр. 1231 по техническому проекту

Тактико-технические элементы	С двумя крыльями	С одним носовым крылом	Без крыльев
Полное водоизмещение, т	450	440	580—600
Длина наибольшая, м	50,29	50,69	63,0
Ширина, м:			
корпуса наибольшая	9,12	9,12	8,46
по подводным крыльям	13,02	13,02	—
Скорость хода, уз:			
надводного	42	38	33
подводного	4,0	3,8—5,0	3,6—4,0
в режиме РДП	4,5	4,5	4,0—4,5
Дальность плавания, миль:			
надводная (скорость, уз)	700 (14,5)	700 (14,5)	1000 (18)
подводная	25	25	25
в режиме РДП (скорость, уз)	Ок.200 (4)	Ок. 200 (4)	Ок. 200 (4)

Примечания. Глубина погружения во всех трех вариантах: рабочая 70 м, расчетная 112 м. Время непрерывного пребывания под водой 2 сут. Автономность 5 сут. Экипаж 12 чел. Мореходность при движении на крыльях 3—4 балла. Тип энергоустановки: надводного хода — два М507 мощностью по 12 000 л. с.; подводного хода — электродвигатели и аккумуляторные батареи; в режиме РДП и вспомогательной — дизель М50 мощностью 700 л. с. Вооружение: ракетное — 4 ракеты с надводным стартом П-25; радиотехническое — радиолокационные и гидроакустические станции; штурманское — гирокомпас, лаг, автопрокладчик курса, эхолот.

(работа дизелей под водой). Эти варианты оценивались не только расчетным путем, но и экспериментально в аэродинамической трубе. Вооружение корабля было кардинально усилено по отношению к первоначально заданному (две крылатые ракеты); то же относилось и к радиолокационным и гидроакустическим средствам. Все это, по оценкам, должно было вдвое сократить потери кораблей этого проекта при решении боевых задач.

Вооружение корабля состояло из четырех крылатых ракет П-25 с дальностью стрельбы 40 км, расположенных в одиночных ненаводящихся неамортизированных пусковых установках контейнерного типа, установленных под постоянным углом наклона к горизонту, с дистанционным управлением с единого пульта, расположенного в центральном посту корабля. Пусковые установки были расположены вне прочного корпуса и герметизированы, чтобы выдержать давление воды при максимальной глубине погружения корабля.

Принятая серийная радиолокационная станция «Рангоут-1231» обеспечивала обнаружение и определение координат цели на дальности 25—28 км. Гидроакустическая станция «Хариус» в подводном положении без хода позволяла обнаруживать противника на расстоянии 60—120 км. Каких-либо средств самообороны, в том числе защиты от воздушного нападения, корабль не имел. В связи с этим, в качестве одного из режимов движения рассматривалась возможность плавания корабля в полупогруженном положении при минимальной видимости рубки и надводного борта.

В эскизном проекте изучалось также использование малогабаритной телевизионной установки для наблюдения за воздушной и надводной обстановкой в положении корабля под перископом, а также наблюдения за подводной обстановкой в погруженном положении. Прорабатывалась возможность создания малогабаритной подвсплывающей антенны, в частности, в виде буя-носителя, на котором размещались штыревая антенна для обеспечения радиосвязи, телевизионная головка обзора морской поверхности и верхней полусферы, радиолокационная станция фиксации работающих самолетных и корабельных радиолокационных станций.

При проектировании неоднократно варьировалось общее расположение корабля, число водонепроницаемых отсеков, их геометрическая форма. В частности, рассматривалось размещение помещений, в том числе для дизелей, в изолированных контейнерах, сообщение между которыми было возможно только в надводном положении, отсеки в виде горизонтальной «восьмерки» и т. д. Для отработки вопросов расположения производилось макетирование отсеков корабля в натуральную величину. Ввиду затесненности отсеков изучались различные нетрадиционные решения, например, установка в машинных отделениях телевизионных камер с передачей изображения на пульт в центральном посту с целью исключения присутствия людей в МО.

Выбранное в итоге общее расположение корабля предусматривало два отсека в прочном корпусе. В носовом располагались центральный пост, помещение электроэнергетики, посты радиста и акустика, аккумуляторная яма и агрегаты; из этого отсека осуществлялось управление кораблем, двигателями, оружием, радиотехническими средствами. Во втором отсеке размещались главные двигатели, дизель-генератор, насосы гидравлики и т. д. В надстройке, в отдельном прочном контейнере был жилой отсек со спальными местами на 6 чел. (50% личного состава), камбузом, запасами воды и провизии; жилой отсек предусматривалось использовать для спасения личного состава из подводного положения, а в случае его повреждения — спасение было возможно также из центрального поста путем свободного всплытия или по буйрепу. В надстройке располагались проницаемая ходовая рубка, шахты воздухозабора и газовыхлопа, антенны. В ходовой рубке был установлен второй пост управления главными двигателями для использования в режиме надводного хода.

В качестве основного способа обеспечения высокой скорости хода и мореходности в надводном положении приняли принцип движения на подводных крыльях. Были исследованы различные комбинации подводных крыльев и форм корпуса — от остроскулых глиссирующих и комбинированных форм до лодочных. Отработка формы корпуса и схемы подводных крыльев проводилась при испытании моделей в опытовом бассейне, на озере, в аэродинамических трубах.

Одним из самых сложных вопросов в создании погружающегося ракетоносца явилось обеспечение устойчивости и маневрирования корабля в подводном положении в вертикальной плоскости. В конечном счете это привело к применению особой формы кормовой оконечности корпуса и автоматизации управления подводными крыльями. Трудоемкий процесс оптимизации гидродинамической компоновки корабля закончился представлением в техническом проекте трех вариантов его технического облика: с двумя подводными крыльями, с одним носовым крылом и вообще без подводных крыльев. Варианты отличались главными размерениями, водоизмещением и скоростями надводного хода; другие основные технические показатели были примерно равными. Наиболее приемлемым для дальнейшей разработки представлялся вариант с одним носовым крылом, несмотря на меньшую скорость хода, так как развитие полного хода для него не было сопряжено с перегрузкой двигателей, и характеристики балансировки и управляемости в подводном положении были лучше, чем у более скоростного варианта с двумя подводными крыльями. Особенностью крылатых вариантов являлось осуществление балансировки и управляемости корабля в вертикальной плоскости в подводном положении поворотом всего носового крыла по углу атаки. Поворот крыла использовался и при выходе корабля на крылья в надводном положении.

Поскольку крыльевые устройства увеличивают осадку корабля на стоянке и малом ходу, общие габариты корабля, сопротивление его движению в погруженном положении, была предпринята попытка разработать схемы уборки подводных крыльев и выступающих частей в составе его кормового комплекса с учетом возможности изменения угла атаки носового крыла. Однако эта попытка не привела к положительным результатам.

Проектом предполагалась постройка самоходной модели корабля в масштабе 1:2 или 1:3, на которой надо было исследовать элементы маневренности в подводном положении, а также вопросы всплытия и погружения, крыльевую систему и саму форму обводов корпуса.

В качестве главных двигателей рассматривались газовые турбины, имеющие большие агрегатные мощности, и дизели различных типов, не требующие больших воздухоприемных шахт и обладающие меньшими габаритами.

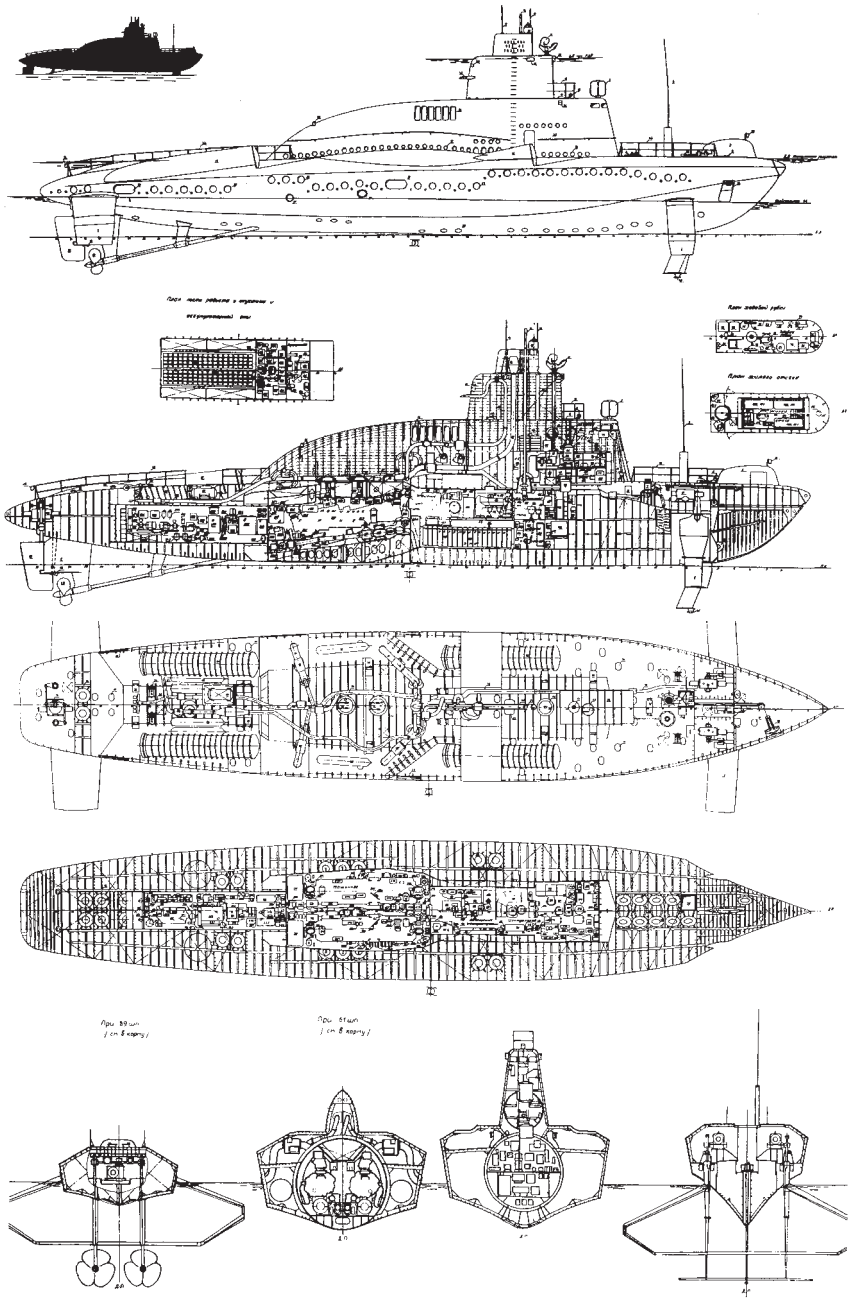
Использование турбин требовало разработки устройств, исключавших возможность попадания в компрессор морской воды и обеспечивавших надежное герметичное закрытие воздушного и газового трактов при уходе катера под воду, а также быстрое приведение двигателей в действие сразу после всплытия. Кроме того, работа турбин на экономичных скоростях надводного хода требовала создания быстроходных винтов регулируемого шага на большую мощность, что представляет и сейчас сложную техническую задачу. Да и выигрыша для турбинного варианта при заданной дальности хода из-за большого удельного расхода топлива не получалось.

Принятый для технического проекта агрегат М507 состоял из двух серийных дизелей М504. Для быстрого всплытия корабля предусматривалась возможность продувания цистерн главного балласта выхлопными газами этих двигателей.

В эскизном проекте рассматривался также вариант энергоустановки подводного хода со специальными вспомогательными дизелями, работающими по замкнутому циклу; изучалась возможность работы одного из главных дизелей по замкнутому циклу в течение хотя бы ограниченного времени.

Движителями корабля являлись быстроходные широколопастные винты фиксированного шага, хотя, как уже упоминалось, прорабатывалось использование винтов регулируемого шага как наиболее подходящих для разнообразных режимов движения корабля.

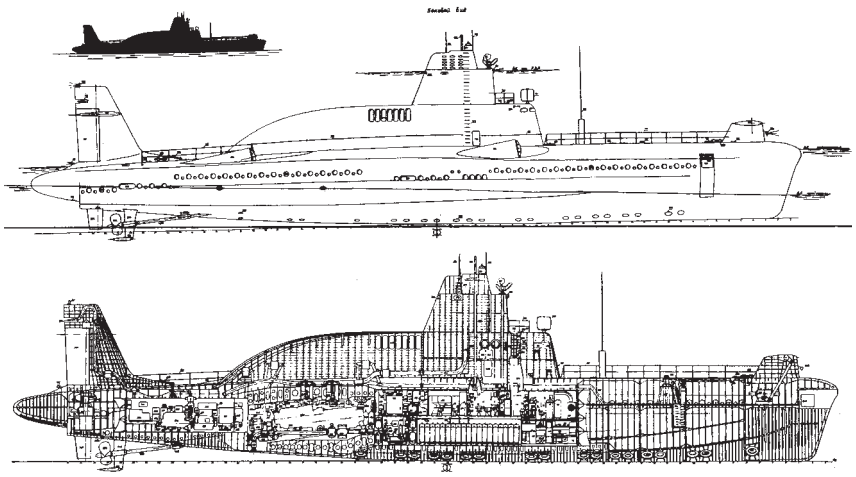
При проектировании было выполнено большое количество поисковых проработок с целью изыскания оптимальной схемы передачи мощности к движителям при ходе под водой и в режиме РДП, в том числе с обратимой электрической машиной «генератор—электродвигатель», с третьим валом, угловыми редукторами, гидравлическими передачами, насосами и гидромоторами. Окончательно была выбрана двухвальная установка с дизелями надводного хода и гребными электродвигателями для подводного хода и режима РДП.



Малый погружающийся ракетоносец пр. 1231 (вариант с двумя подводными крыльями)

Энергетическая установка корабля оказалась весьма сложной и включала большое количество механизмов и устройств; одних только исполнительных механизмов системы дистанционного автоматического управления насчитывалось около 80 (с соответствующей сетью коммуникаций). Тем не менее, эта система позволяла управлять энергетикой корабля из центрального поста без нахождения личного состава в машинном отделении.

Наружный корпус корабля предусматривался целиком сварным с использованием прессованных профилей и панелей. Прочный корпус по техническому проекту представлял собой три цилиндрические оболочки, причем средняя часть отличалась от правильного цилиндра обычных подводных лодок и представляла собой сопряжение нескольких наклонных корпусов и имела плоское перекрытие. Потребовалась надежная перевязка прочного корпуса с наружным, которая выдержала бы нагрузки, действующие на корабль при движении с большой скоростью по поверхности воды.



Малый погружающийся ракетоносец пр. 1231 (вариант без крыльев)

В качестве материала для наружного и прочного корпусов рассматривались различные алюминиево-магниевые сплавы, титановые сплавы и высокопрочные стали, в том числе маломагнитные; для крыльев — титан и сталь. Для корпуса в итоге выбрали сплав АМг-61, для крыльев — титан.

С целью уменьшения радиолокационной заметности корабля изучалась возможность выполнения надводной части наружного корпуса, а также ограждения рубки, не участвующих в обеспечении общей прочности корабля, из пластических материалов.

Прочный корпус корабля был рассчитан на нагрузки от взрыва атомной бомбы на расстоянии около 2 км (некоторые системы и оборудование — 4 км).

Весьма сложными оказались системы корабля. Так, жизненно важная система погружения и всплытия включала в себя 29 клапанов вентиляции и 54 кингстона, к тому же запас воздуха высокого давления представлялся недостаточным для всплытия аварийного корабля.

Форма обводов корпуса глиссирующего типа, необходимая для получения высокой надводной скорости хода и мореходности, и расположение контейнеров ракет на палубе обусловили чрезмерно большой запас плавучести корабля и соответственно большой объем цистерн главного балласта, что вызвало трудности конструктивного оформления системы погружения и всплытия (в том числе расположения кингстонов). Это, в свою очередь, увеличило время погружения ракетоносца по сравнению с подводными лодками.

Принципиально новой и сложной конструкцией корабля явилось устройство поворота носового крыла, которое должно было воспринимать большие нагрузки, действующие на него при движении по взволнованной поверхности моря.

Характеризуя проект в целом, необходимо отметить, что в нем был принят целый ряд новых технических решений, в частности: комбинированные обводы корпуса для обеспечения ходовых качеств в надводном положении и стабилизации движения в подводном; применение для корпуса алюминиево-магниевого сплава (причем с толщинами до 40 мм), а для крыльев — титана; необычное конструктивное оформление прочного корпуса; использование новых, еще не отработанных дизелей и серебряно-цинковых аккумуляторов; применение в большом объеме автоматики; расположение исполнительных механизмов и отдельных элементов автоматики управления крыльями, рулями, кингстонами и вентиляционными клапанами балластных цистерн вне прочного корпуса; создание облегченной и малогабаритной забортной арматуры.

Наряду с этим, пришлось пойти на важные отступления от установившейся практики и норм проектирования в кораблестроении, в том числе на затеснение общего расположения, отсутствие доступа к некоторым важным устройствам, отказ от мероприятий по защите корабля, отказ от резервирования источников электроэнергии, дублирования некоторых элементов энергетической установки и корабельных систем (например, приводов систем всплытия и погружения), на перегрузку главных двигателей при выходе корабля на крылья, на ограниченные запасы остойчивости и водоизмещения и т. д. Ограничения по размерам и водоизмещению обусловили применение ряда малогабаритных и облегченных образцов механизмов и оборудования, специальных систем и устройств, которые не были еще освоены промышленностью.

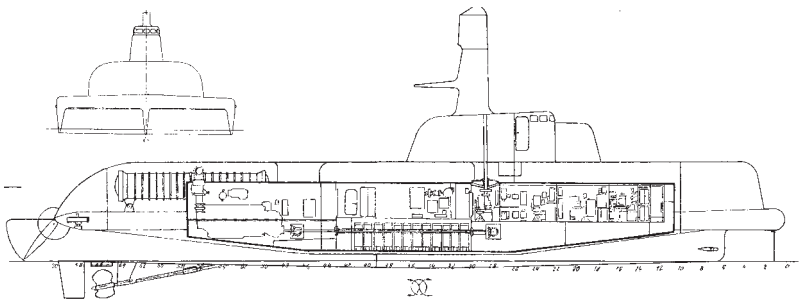
Сложность и новизна задачи создания погружающегося ракетоносца предопределяли и дальнейший огромный объем проектных и опытно-конструкторских работ, включая исследования гидродинамических характеристик корабля, опытную проверку корпусных и крыльевых конструкций, разработку новых механизмов, арматуры и другого оборудования, стендовую отработку главных двигателей и механической передачи, автоматики и систем, и т. д.

Углубление процесса проектирования приводило к постоянному возрастанию массы корабля, росту мощности энергоустановки и т.п. Было очевидно, что дальнейшая разработка проекта также будет неизбежно сопровождаться увеличением водоизмещения и, следовательно, уменьшением скорости хода—характеристики, определявшей, наряду со скрытностью, сам смысл создания корабля.

Необходимо отметить, что для эффективного использования корабля дальность действия ракет и РЛС была недостаточной, также как и эффективность работы ГАС при движении. Отсутствовали средства самообороны. Эффективность действий корабля снижалась также из-за малой скорости подводного хода и в режиме РДП, малой дальности подводного хода. Кроме того, глубина погружения корабля была недостаточной для успешной защиты от средств ПЛО.

Тщательное рассмотрение тактики использования корабля на основе полученных при проектировании технических характеристик, состава и возможностей вооружения показало, что потери кораблей этого проекта в боевых условиях не будут ниже потерь быстроходных ракетных катеров, находившихся в то время на вооружении ВМФ. Ввиду же высокой стоимости погружающихся ракетоносцев по отношению к обычным кораблям военно-экономический эффект от их применения не мог быть достигнут.

В связи с этим проектирование ракетоносца, продолжавшееся до конца 1964 г., было прекращено сразу после ухода с политической сцены инициатора проекта Н. С. Хрущева.



Вариант погружающегося корабля на воздушной подушке

ЗАВОД «КОМПРЕССОР» — ВОЕННО-МОРСКОМУ ФЛОТУ РОССИИ

М. А. Сильман, канд. техн. наук
(ОАО «Московский завод "Компрессор"»)

УДК 061.5:621.574:623.82

В этом году московскому заводу «Компрессор» — одному из ведущих машиностроительных предприятий страны — исполняется 130 лет. Завод, наряду с выпуском широкой гаммы холодильного оборудования общепромышленного назначения, в течение многих лет играл важную роль в укреплении обороноспособности страны. Однако, если участие коллектива завода в создании и выпуске гвардейских минометов «катюша» широко известно, его вклад в военное судостроение практически совершенно не освещен. Данная статья восполняет этот пробел.

Разработка и поставка холодильных машин (ХМ) для кораблей ВМФ началась на московском заводе «Компрессор» еще в конце 30-х годов. Первой из них была пароводяная эжекторная холодильная машина (ПЭХМ) типа 1Э. Она предназначалась для строившихся в тот период крейсеров. Однако из-за начавшейся Великой Отечественной войны и переориентации завода на выпуск «катюш» и ремонт производство корабельных ХМ было прекращено и возобновилось только с 1948 г.

К этому времени относится освоение нескольких типов ПЭХМ для крупных надводных кораблей, из которых наибольшую холодопроизводительность (100 тыс. ккал/ч) имела одноступенчатая машина 101Э, предназначавшаяся для охлаждения погребов боезапаса и использовавшая в качестве хладагента и хладоносителя пресную воду.

Для охлаждения провизионных камер была создана двухступенчатая ПЭХМ типа 3Э холодопроизводительностью 16 тыс. ккал/ч, работавшая на рассоле, благодаря чему достигалась температура хладоносителя около –10 °С. Эти машины выпускались в небольших количествах и существенного места в производственной деятельности завода не занимали.

Ситуация коренным образом изменилась в 50-е годы с началом проектирования и строительства в стране атомных подводных лодок (АПЛ) после того, как в сентябре 1952 г. было подписано постановление СМ СССР о начале работ по созданию первой отечественной АПЛ (пр. 627) под научным руководством академика А. П. Александрова.

Уже в процессе предэскизной проработки выявилась необходимость оснащения АПЛ полноценной системой кондиционирования воздуха (СКВ), которая в условиях многодневного непрерывного плавания корабля в подводном положении обеспечивала бы в отсеках температурно-влажностные параметры воздуха, требуемые для поддержания жизнедеятельности и боеспособности личного состава, а также нормальной работы механизмов, устройств, вооружения и средств радиоэлектроники. В связи с этим в процессе создания первой АПЛ, наряду с решением многих других серьезных проблем, потребовалась разработка специальной ХМ холодопроизводительностью не менее 250 тыс. ккал/ч, удовлетворяющей ряду весьма жестких требований, касающихся массы, габаритов, высокой надежности и безотказности при непрерывной длительной эксплуатации, полной безопасности, простоты обслуживания, малошумности, ударостойкости, ремонтопригодности. Поскольку при создании первой АПЛ фактор времени был одним из превалирующих, такую ХМ необходимо было разработать в предельно короткий срок. И, наконец, должна была быть полностью исключена вероятность получения отрицательного результата.

Перед началом проектирования ХМ следовало определить ее оптимальный тип с учетом реального уровня отечественного холодильного машиностроения к моменту постановки задачи и весьма жесткого лимита времени. После тщательного анализа всех возможных вариантов комиссия, в работе которой, наряду с представителями ряда специализированных организаций, принимали участие академик А. П. Александров и специалисты завода, пришла к выводу о целесообразности применения ПЭХМ.

Машины этого типа, несмотря на более низкую, чем у фреоновых ХМ энергетическую эффективность, обладали рядом решающих для АПЛ преимуществ: полной безопасностью (благодаря отсутствию токсичных, взрыво- и пожароопасных рабочих веществ), простотой обслуживания, высокой надежностью (нет движущихся и быстроизнашивающихся частей), идентичностью оборудования ПЭХМ и характера ее об-

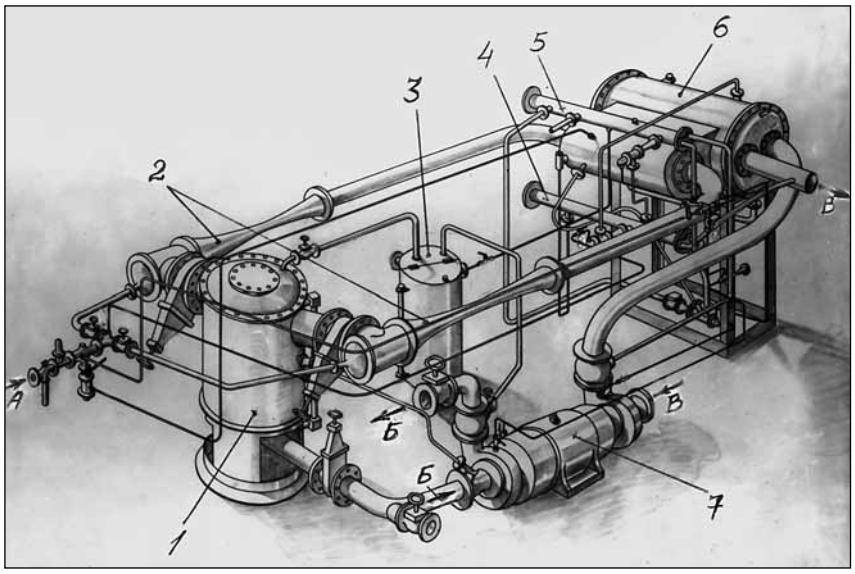
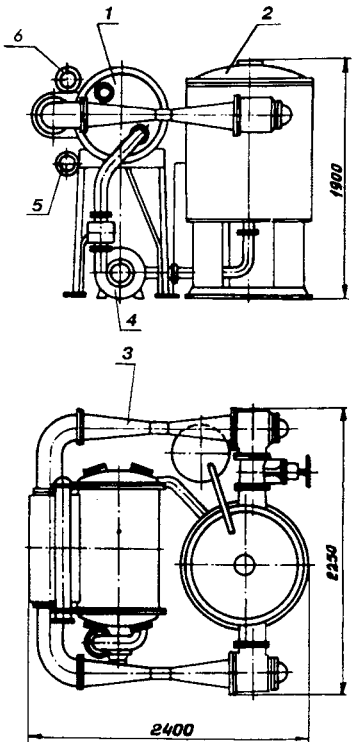


Схема пароводяной эжекторной холодильной машины типа 1Э, предназначенной для крейсеров:
1 — испаритель; *2* — главные эжекторы; *3* — бак хладоносителя; *4, 5* — вспомогательные конденсаторы с воздушными эжекторами; *6* — главный конденсатор; *7* — сдвоенный насос хладоносителя и охлаждающей воды. Рабочие среды: *А* — рабочий пар; *Б* — хладоноситель; *В* — забортная охлаждающая вода

служивания с паротурбинной установкой АПЛ, использованием в качестве источника энергии для генерации холода непосредственно водного пара, вырабатываемого паропроизводящей установкой АПЛ, без преобразования его энергии в электрическую. Благодаря последнему обстоятельству установленная мощность электрогенераторов АПЛ могла быть снижена на 400—600 кВт (по сравнению с вариантом, предусматривавшим использование компрессионных ХМ) с соответствующим уменьшением массы и размеров остальных элементов электротехнического оборудования.

Нужно отметить, что в процессе эксплуатации АПЛ первых проектов правильность этого выбора полностью подтвердилась, и ПЭХМ в течение многих лет оставались практически единственным типом генератора холода для СКВ отечественных АПЛ.

Поскольку московский завод «Компрессор» был единственным в стране предприятием, занимавшимся разработкой и изготовлением ПЭХМ, создание ХМ для АПЛ пр. 627 было поручено именно ему. К этому времени заводом было освоено серийное производство стационарной ПЭХМ общепромышленного назначения типа 5Э холодопроизводительностью 300 тыс. ккал/ч, первые образцы которой были установлены в новом здании МГУ. Однако как ранее выпускавшиеся заводом корабельные ПЭХМ, так и машина 5Э выполнялись в виде набора отдельно устанавливаемых аппаратов (испаритель, главный конденсатор, а в некоторых случаях и бак хладоносителя),



Холодильная машина 101Э для охлаждения погребов боезапаса крупных надводных кораблей:
1 — главный конденсатор; *2* — испаритель; *3* — главный эжектор; *4* — насос охлаждающей воды; *5, 6* — конденсаторы воздухоотсасывающего устройства

соединенных между собой главными эжекторами и трубопроводами, а поэтому занимали большую площадь. Кроме того, не обеспечивалось выполнение требований по ударостойкости и виброшумовым характеристикам. Поэтому решить поставленную задачу можно было только отказавшись от известных традиционных конструкций и компоновок.

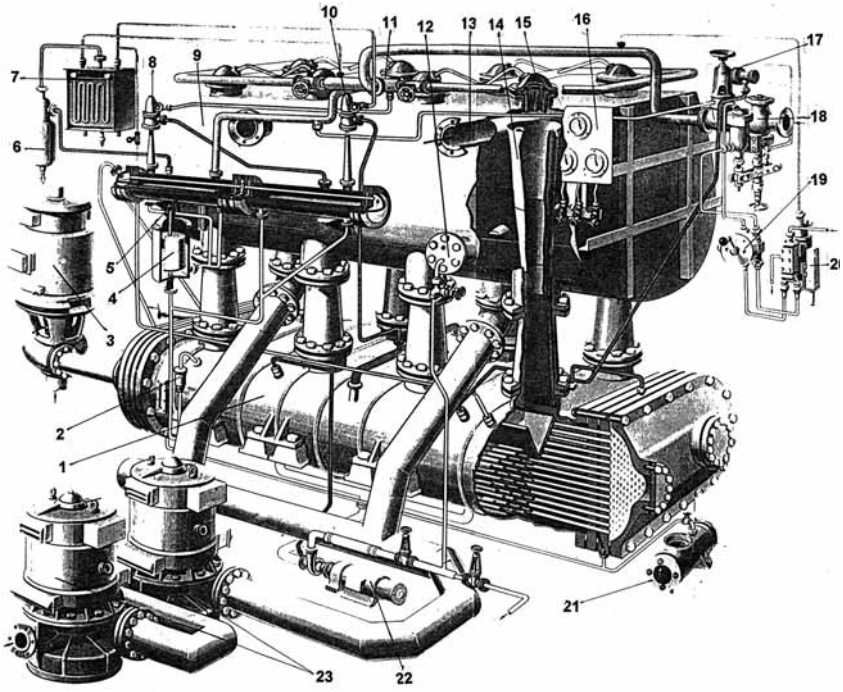
В результате большого объема проектных проработок и экспериментальных проверок, проведенных на заводе в 1953—1956 гг. под руководством начальник СКБ (а в дальнейшем — главного конструктора завода) М. Г. Шумелишского, было найдено принципиально новое конструктивно-компоновочное решение, впервые реализованное в машинах Э250 и Э320 холодопроизводительностью соответственно 250 и 320 тыс. ккал/ч, которые разрабатывались для АПЛ пр. 627. Это решение, на многие годы ставшее типовым для отечественных корабельных ПЭХМ, характеризовалось следующими особенностями: испаритель устанавливается над главным конденсатором и жестко крепится к нему; главные эжекторы выполнены не в виде отдельных узлов с камерами всасывания, а встроены в объем испарителя (причем диффузоры вварены в днище испарителя, а сопловой аппарат размещен на его верхней крышке); сечение главного конденсатора — овальное; для предотвращения засоления конденсата главный и вспомогательные конденсаторы снабжены двойными трубными решетками с отводом протечек морской охлаждающей воды из межрешеточной полости (был использован опыт Кировского завода-поставщика ПТУ для АПЛ).

Все это позволило выполнить машину в виде компактного жесткого агрегата приемлемой высоты, устанавливаемого на едином фундаменте и имеющего достаточную ударостойкость, снизить шум от главных эжекторов, обеспечить подпор на всасывании насоса хладоносителя и, что самое главное, — резко уменьшить массу машины и занимаемые ею площадь и объем. Сравнение машин 5Э и Э320 примерно равной холодопроизводительности показывает, что площадь, занимаемая машиной Э320, в 2,85 раза, а объем — в 3,7 раза меньше, чем у машины

5Э. Машины Э250 и Э320 были предельно унифицированы между собой и отличались только количеством главных эжекторов (соответственно 6 и 8 шт.) и длиной аппаратов.

После экспериментальной отработки конструкции на макетах и опытной машине первые поставочные образцы были отгружены на «Севмашпредприятие» и установлены на опытной АПЛ пр. 627, получившей тактический номер «К-3» и позднее переименованной в «Ленинский комсомол». Такими же машинами были укомплектованы в г. Обнинске наземные стенды-тренажеры, имитировавшие отсеки АПЛ и предназначавшиеся для проведения исследований, отработки режимов эксплуатации технических средств АПЛ, а также обучения и тренировки экипажей.

АПЛ «К-3» была принята госкомиссией и передана флоту в опытную эксплуатацию в начале 1959 г., но еще в октябре 1955 г. завод «Компрессор» получил задание на организацию серийного выпуска машин Э250 и Э320 (предназначенных для серии торпедных АПЛ пр. 627А), который начался в 1956 г. и завершен в основном в 1963 г.



Холодильная машина типа Э320, разработанная для АПЛ пр. 627:
1 — главный конденсатор; *2, 4* — дроссельные конденсатные клапаны 1-й и 2-й ступеней; *3* — насос забортной охлаждающей воды; *5* — блок вспомогательных конденсаторов; *6, 7* — влагоотделитель и фильтр системы очистки воздуха; *8, 10* — воздушные эжекторы 1-й и 2-й ступеней; *9* — испаритель; *11* — паровой коллектор; *12* — регуляторов уровня; *13* — разбрызгивающая трубка; *14, 15* — диффузор и сопловой аппарат главного эжектора; *16* — щит приборов; *17* — автоматический клапан; *18, 19, 20* — элементы регулятора давления пара; *21* — бачок для сбора протечек; *22* — конденсатный насос; *23* — насосы хладоносителя

Для обеспечения серийных АПЛ холодильными машинами Э250 и Э320, а в дальнейшем и ХМ последующих разработок на заводе был реализован комплекс важных организационных мероприятий, позволивших решать в установленные сроки все вопросы, связанные с конструкторской и технологической подготовкой, организацией разработки и поставок комплектующих изделий и специальных материалов, изготовлением и сдаточными испытаниями серийных ПЭХМ параллельно с освоением новых образов, оказанием технической помощи в монтаже и наладке оборудования на судостроительных заводах и авторским надзором за эксплуатацией и ремонтом ХМ на базах ВМФ.

Основные из этих мероприятий следующие:

сформирован большой коллектив высококвалифицированных ИТР и рабочих, специализировавшихся на этом виде продукции и обеспечивавших выполнение всех задач по разработке, изготовлению и поставке корабельных ХМ;

организована конструкторская подготовка производства; разработка ХМ осуществлялась заводским конструкторским отделом на всех стадиях проектирования, включая разработку технических заданий на создание ХМ; этим же отделом осуществлялись разработка ТЗ на проектирование комплектующих изделий, наблюдение за ходом проектных работ и участие в МВИ этих изделий на стендах поставщиков;

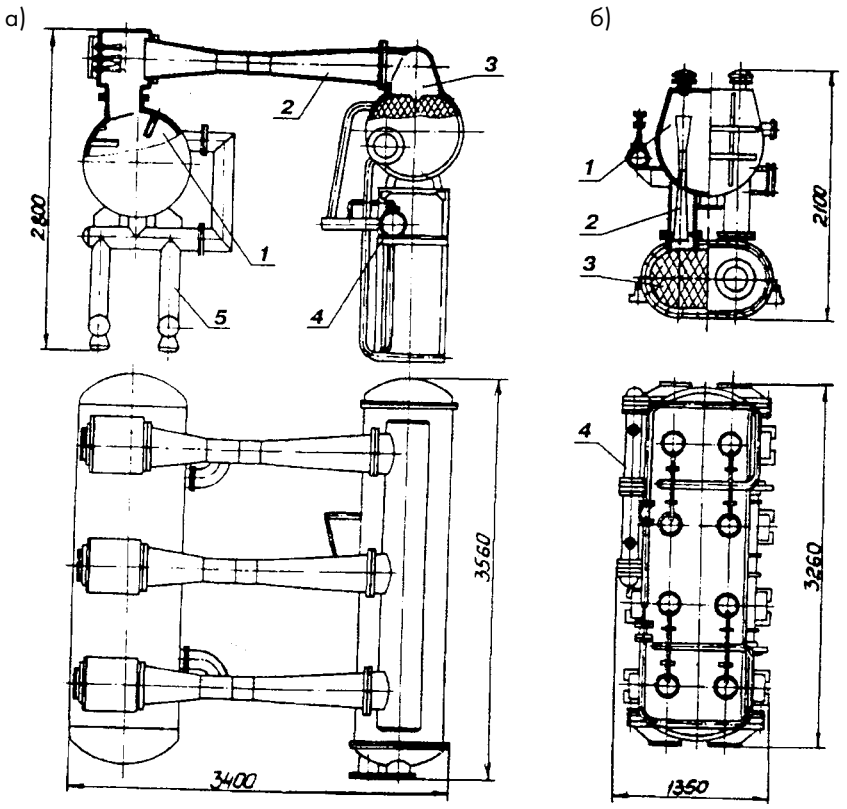
создана специальная лаборатория для осуществления в условиях завода необходимых экспериментальных исследований;

вся технологическая подготовка производства, включая проектирование и изготовление спецоснастки и нестандартного оборудования, выполнялась отделом главного технолога и вспомогательными службами и цехами завода; освоен и внедрен ряд новых для завода технологических процессов;

организован специальный механосборочный цех, ориентированный на серийное производство корабельных ХМ в количествах, обеспечивавших нужды ВМФ; в этом же цехе, с привлечением экспериментального цеха, осуществлялось изготовление всех опытных образцов вновь разрабатываемых ХМ и необходимое испытательное оборудование;

для проведения стендовых испытаний корабельных ХМ построена испытательная станция, на которой обеспечивалось поддержание необходимых режимных параметров (давление и температура рабочего пара, расход и температура хладоносителя и охлаждающей воды, тепловая нагрузка на машину), определение действительных характеристик машины и ее соответствия техническим условиям при работе с полным набором комплектующих изделий (насосов, приборов, арматуры, системы автоматического управления и регулирования).

Машины Э250 и Э320 использовались для оснащения не только серии АПЛ пр. 627А, но и всех остальных АПЛ 1-го поколения, в том числе опытной АПЛ пр. 645 с реактором на жидкометаллическом теплоносителе, подводных ракетоносцев пр. 658 с баллистическими ракетами и АПЛ пр. 659 с крылатыми ракетами.



Габаритные чертежи стационарной холодильной машины типа 5Э (*а*) и корабельной машины типа Э320 (*б*):
1 — испаритель; *2* — главный эжектор; *3* — главный конденсатор; *4* — воздухоотсасывающее устройство; *5* — коллектор хладоносителя

С начала строительства АПЛ 2-го поколения заводом для каждого нового проекта АПЛ разрабатывалась и запускалась в производство новая ХМ или, по крайней мере, новая модификация ранее освоенной машины. Это было вызвано тем, что АПЛ создавались для выполнения различных задач, а поэтому к ним, а следовательно и к комплектующему оборудованию, предъявлялись разные тактико-технические требования. Кроме того, от проекта к проекту изменялись параметры рабочих сред и бортовой электросети, а также условия размещения в отсеках. И, наконец, с течением времени ужесточились требования к оборудованию. Все это приводило к необходимости разработки ХМ под конкретный проект.

Так, для АПЛ с крылатыми ракетами пр. 675 в 1959—1963 гг. были разработаны унифицированные машины Э300/II и Э500/II с электрооборудованием постоянного тока, рассчитанные на более высокие, чем у ПЭХМ 1-го поколения, предельные значения температуры и давления забортной воды; машина Э500/II имела также увеличенную холодопроизводительность (500 тыс. ккал/ч). Тем самым обеспечивалась надежная работа СКВ при плавании корабля в новых, ранее недоступных районах Мирового океана с высокой температурой забортной воды, а также отвод тепловыделений, увеличившихся по сравнению с АПЛ предшествовавших проектов. При этом оригинальное конструктивное выполнение ряда элементов, в том числе объединение групп эжекторов в кассетные блоки, позволило обеспечить улучшенные характеристики машин без существенного увеличения их массы и размеров.

Машины другой модификации — Э300/I с электрооборудованием переменного тока устанавливались на АПЛ пр. 671 и последующие модификации (пр. 671РТ, 671РТМ).

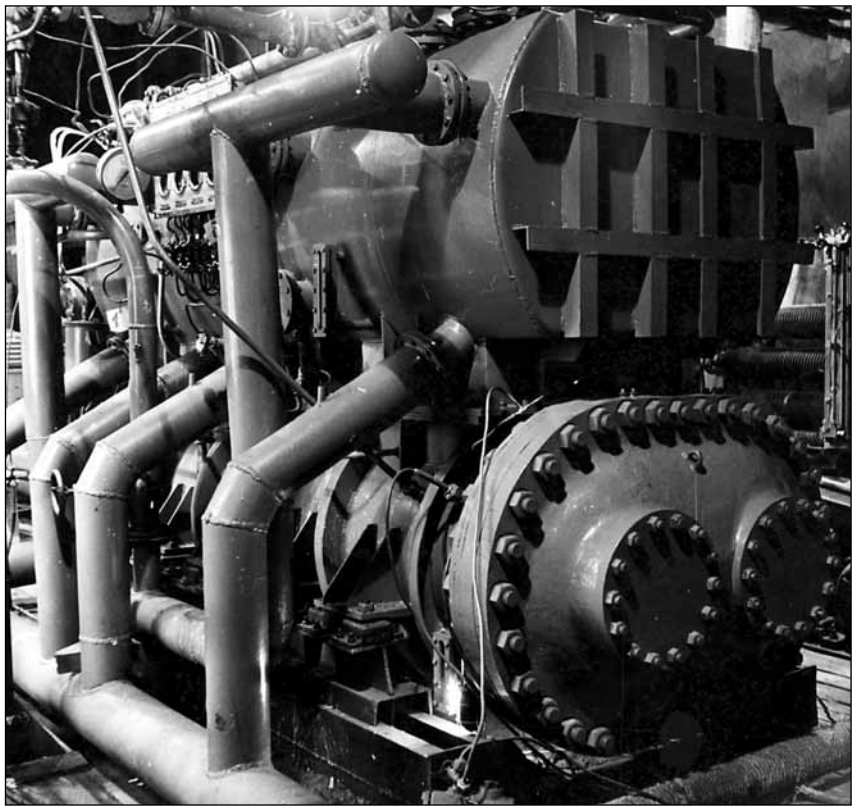
На базе этих машин, имевших ручное управление, в 1962—1966 гг. были разработаны и освоены в серийном производстве автоматизированные ПЭХМ типов Э300А/I и Э500А/I-К. Первыми оснащались АПЛ с крылатыми ракетами пр. 670, вторыми — ракетные подводные крейсеры стратегического назначения пр. 667А. Этими же машинами комплектовались АПЛ последующих модификаций указанных проектов. В процессе проектирования машин был выполнен большой объем работ по определению необходимого уровня, оптимального алгоритма и рациональной схемы автоматизации, а также по созданию как систем автоматического управления в целом, так и автономных регуляторов различных параметров.

1962—1967 гг. прошли на заводе под знаком создания малогабаритной ПЭХМ для скоростных АПЛ пр. 705 и 705К. После получения технического задания на эту машину (1961 г.) завод был поставлен перед необходимостью решения ряда новых задач, исключавших возможность использования применявшихся ранее конструкций и схем. Объясняется это вытекавшими из особенностей пр. 705 исключительно высокими требованиями к оборудованию в части массогабаритных характеристик, условий размещения его в отсеке АПЛ небольшого водоизмещения, параметров рабочих сред (давления и температуры пара, предельной температуры забортной воды, частоты тока силовой электросети), повышенных показателей надежности, безотказности и устойчивости работы в экстремальных условиях без обслуживания в длительных автономных подходах. Нужно отметить, что разработка ХМ для этого проекта на первом этапе проводилась на конкурсной основе — аналогичное ТЗ, но на ХМ компрессионного типа, было выдано ВНИИхолодмашу. По результатам рассмотрения эскизных проектов двух вариантов ХМ предпочтение было отдано разработке завода «Компрессор».

Для обеспечения этих требований на заводе был выполнен очень большой объем НИОКР, включая проработки различных, в том числе экзотических, компоновок и конструкций как машины в целом, так и отдельных ее компонентов, что позволило найти принципиально новые, неизвестные в отечественном и зарубежном холодильном машиностроении решения и на их базе создать полностью удовлетворяющую требованиям пр. 705 малогабаритную суперблочную полностью автоматизированную машину Э100.

Машина Э100 выполнена в виде единого цельносварного моноблока, включающего расположен-

ные в одном корпусе испаритель и главный конденсатор. Эжекторы установлены в верхней части испарителя и снабжены стабилизаторами потока холодного пара. Цельносварные паровые коробки с соплами установлены на боковой стенке испарителя. Пар из эжекторов сбрасывается в общую приемную камеру конденсатора. Все полости машины, контактирующие с забортной охлаждающей водой, выполнены из титановых сплавов, а трубный пучок конденсатора — из титановых труб малого диаметра. Все это позволило обеспечить минимальные габариты и массу, существенно улучшить энергетические и эксплуатационные показатели, повысить надежность и безотказность работы машины длительными циклами, резко упростить ее обслуживание. Конфигурация машины оказалась оптимальной для АПЛ пр. 705, что позволило органически вписать ее в отсек, обеспечив удобный доступ для обслуживания, несмотря на небольшой диаметр отсека и чрезвычайно большую его затесненность.



Автоматизированная холодильная машина типа Э500А/I-К, разработанная для АПЛ пр 667А, на заводском испытательном стенде

Для обеспечения изготовления и испытаний опытного образца ХМ Э100, а также серийного выпуска последующих машин на заводе организовали специальные участки сварки титановых сплавов и сборки машин, смонтировали новейшее технологическое оборудование, освоили новые технологические процессы (в том числе — под руководством и при непосредственном участии сотрудников ЦНИИТС С. И. Юзика и др. — ленточно-винтовой метод уплотнения теплообменных труб малого диаметра в двойных трубных решетках); спроектировали и смонтировали два испытательных стенда — для опытного образца и для серийных машин. Межведомственные испытания проводились в 1967 г., а уже в следующем году была осуществлена поставка серийных образцов на первую АПЛ пр. 705.

В дальнейшем, продолжалась разработка новых ХМ для АПЛ следующих проектов. Кроме того, проводились работы по совершенствованию серийно выпускаемого оборудования: за счет доработки некоторых конструктивных элементов собственно ХМ и комплектующих изделий удалось достичь двухкратного улучшения ресурсных показателей, а также существенного улучшения других эксплуатационных характеристик практически без увеличения массы и габаритов оборудования.

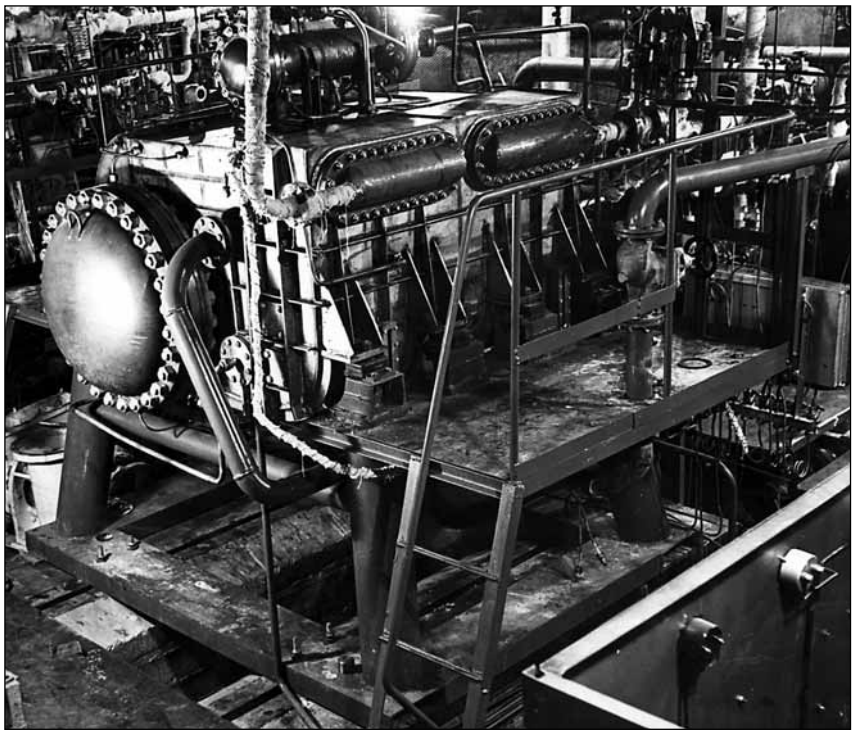
Сфера поставок заводом «Компрессор» корабельных ХМ не ограничивалась потребностями подводного флота. К 1960 г. с использованием основных конструктивных и компоновочных решений машины Э250 завершилась разработки и началось серийное производство ПЭХМ типов 9Э и 10Э холодопроизводительностью соответственно 200 и 300 тыс. ккал/ч для надводных кораблей. Эти машины устанавливались на ракетных кораблях пр. 57-бис (типа «Гремящий») при переоборудовании их в большие противолодочные корабли (когда корабли впервые оснащались системами кондиционирования воздуха), на ракетных крейсерах пр. 58 (типа «Грозный») и др.

Более поздние модификации этих машин (9ЭА, 10ЭМ, 10ЭМА, 10ЭМАР) использовались на кораблях последующих проектов, в частности, на БПК пр. 1134 (типа «Зозуля») и пр. 1134А (типа «Кронштадт»), а также на эскадренных миноносцах пр. 956 (типа «Современный»).

С учетом потребностей надводного флота были разработаны и обеспечены серийная поставка ХМ нового для завода типа — абсорбционных бромистолитиевых машин БМ600 и 2БМ600.

Важным этапом в совершенствовании корабельных ПЭХМ и СКВ в целом было внедрение так называемого режима водо-водяного охлаждения (РВО), заключающегося в использовании конденсатора ПЭХМ в качестве водо-водяного теплообменника. При работе в РВО рабочий пар в эжекторы не подается, а отепленный хладоноситель прокачивается, в отличие от обычного, «холодильного» режима, не через испаритель, а через межтрубное пространство конденсатора, отдавая тепло циркулирующей по трубкам забортной воде.

Первые расчеты и разработка оптимальной для АПЛ схемы РВО были выполнены автором этой статьи в 1962 г. применительно к машине Э100. Затем после экспериментальной проверки на заводском стенде в 1964—1965 гг. были разработаны рекомендации по использованию этого режима в СКВ как вновь проектируемых, так и находящихся в эксплуатации АПЛ, а несколько позже РВО был реализован также в ПЭХМ, устанавливае-



Малогабаритная автоматизированная холодильная машина типа Э100, созданная для АПЛ пр. 705, на заводском испытательном стенде

мых на надводных кораблях. Внедрение РВО позволило существенно снизить массу и стоимость приборов и трубопроводов СКВ, упростить эксплуатацию и повысить надежность системы. Этот режим нашел широкое применение в корабельных СКВ.

На протяжении многих лет непосредственно на заводе, в специально созданной лаборатории проводились научные исследования, результаты которых использовались при разработке очередных проектов, расчетных методик, рекомендаций по проектированию и эксплуатации ПЭХМ и корабельных систем, оснащенных этими машинами как для нормальных, так и для экстремальных условий. Здесь же испытывались и отрабатывались отдельные конструктивные элементы, макетные образцы и опытные машины в целом. Уже на первых стадиях создания ПЭХМ для АПЛ определился ряд проблем, решение которых потребовало проведения широкого круга НИОКР. К основным направлениям работ, проведенных в этот период, относятся: изучение тепловых потоков и процессов теплообмена в ПЭХМ, что позволило определить возможные пути улучшения энергетических характеристик корабельных ПЭХМ, разработать методики теплового расчета и тепловых испытаний, а также оптимизировать конструкции отдельных элементов машин; исследование стабильности работы группы эжекторов на общий конденсатор и машины в целом при меняющихся параметрах рабочего пара и охлаждающей воды и переменных тепловых нагрузках; исследование способов регулирования холодопроизводительности ПЭХМ и определение оптимального варианта для машин корабельного исполнения.

В дальнейшем круг исследований непрерывно расширялся. Помимо уже упомянутых работ по РВО были выполнены: исследование работы ПЭХМ при тепловых нагрузках, достигающих 200% от номинального значения, и путей обеспечения устойчивой работы машины на таких режимах — эти исследования позволили значительно расширить диапазон устойчивой работы ПЭХМ по холодопроизводительности, обеспечить полное взаиморезервирование машин на корабле и исключить необходимость установки резервной машины; исследование работы ПЭХМ на паре с высокой температурой (до 450 °С), позволившее разработать оригинальную расчетную методику и избежать необходимости установки дополнительных пароохладителей; исследование процесса теплообмена в конденсаторе ПЭХМ с титановыми трубками малого диаметра; разработка метода вариантного расчета ПЭХМ, реализация которого резко снизила затраты на поиск оптимального варианта исполнения ПЭХМ для конкретных условий ее использования.

При разработке корабельных ХМ многие конструкторские задачи решались оригинально, на уровне изобретений и были защищены авторскими свидетельствами.

Вся деятельность завода по обеспечению строительства и эксплуатации кораблей ВМФ проходила в тесном творческом сотрудничестве с головными проектно-конструкторскими бюро — проектантами кораблей и научно-исследовательскими организациями Минсудпрома, а также с организациями и службами ВМФ. В этой связи следует упомянуть некоторых сотрудников этих организаций, которые были непосредственно связаны с созданием и внедрением на кораблях холодильных машин завода «Компрессор»: И. В. Алексеева, Е. Ф. Звягина, Л. Э. Брандта, Л. Я. Неймана, Л. С. Курову (ЦКБ МТ «Рубин»); В. Л. Кожуха, А. А. Тюрикова, Ю. С. Шилейкиса, И. К. Шишлякова (СПМБМ «Малахит»); Г. С. Хордаса и Е. Л. Михалева (Северное ПКБ); М. Д. Хабиева и А. И. Чиченева (1 ЦНИИ ВК МО); Н. М. Лазарева (Районное военное представительство); Е. И. Богданова, Е. П. Лакунина, Д. Б. Мельникова (военное представительство на заводе).

Необходимо отметить, что, по отзывам служб эксплуатации ВМФ и проектантов кораблей, многолетняя эксплуатация оборудования, разработанного и изготовленного московским заводом «Компрессор», неод-

ОАО «Московский завод “Компрессор”»
111024, Москва, 2-я ул. Энтузиастов, дом 5
Тел. (095) 2734437; 2735817
Факс (095) 2731179; 2735197

нократно подтверждала его высокое качество и надежность.

За большой вклад в создании новых образов корабельных ХМ и освоение их серийного производства многие — рабочие и инженерно-технические работники завода награждены орденами и медалями, а в 1979 г. за комплекс работ в области специального холодильного машиностроения группе работников завода — М. Г. Шумелишскому, М. Э. Кацу, М. А. Сильману, Ю. А. Шапошникову, Л. С. Сморкалину, А. И. Лихачеву и А. В. Митрошкину, а также И. К. Шишлякову (СПМБМ «Малахит»), А. П. Андрееву (ЦКБ МТ «Рубин»), А. И. Чиченеву (1 ЦНИИ ВК МО), В. Н. Римареву (Минсудпром) и В. В. Дробинину (ГУК ВМФ) — была присуждена Государственная премия СССР.

Литература

Антонов А. М. Атомные подводные лодки пр. 627 и 627А//Судостроение. 1995. № 7.
Буров В. Н. Отечественное военное кораблестроение в третьем столетии своей истории. СПб.: Судостроение, 1995.
Кузин В. П. Большие противолодочные корабли пр. 1134//Судостроение. 1996. № 1.
Сильман М. А. Работа судовых эжекторных холодильных машин при повышенных тепловых нагрузках//Судостроение. 1965. № 1.
Сильман М. А. Устойчивость работы пароводяных эжекторных холодильных машин при повышенных тепловых нагрузках//Холодильная техника. 1966. № 9.
Сильман М. А. Метод вариантного расчета пароводяных эжекторных холодильных машин//Химическое и нефтяное машиностроение. 1967. № 3.
Сильман М. А. О тепловой характеристике эжекторной холодильной машины//Холодильная техника. 1968. № 1.
Шумелишский М. Г. Диаграмма теплового баланса пароводяной эжекторной холодильной машины//Холодильная техника. 1955. № 1.
Шумелишский М. Г. О причинах неустойчивой работы пароводяных эжекторных холодильных машин//Холодильная техника. 1955. № 3.
Шумелишский М. Г. Регулирование производительности пароэжекторных холодильных машин//Холодильная техника. 1958. № 2.

«VIRGINIA» — ВМЕСТО ИЛИ ВМЕСТЕ С «SEAWOLF»?

Л. Ю. Худяков, докт. техн. наук,
(1 ЦНИИ МО РФ)

УДК 629.827.001.36

В связи с изменениями военно-политической обстановки в мире после 1991 г. в США было принято решение скорректировать перспективные планы военного кораблестроения в сторону некоторого сокращения ВМС, расходов на их содержание и пополнение новыми кораблями. Одним из проявлений этого стал отказ от серийного строительства еще недавно широко рекламировавшихся (как подводные лодки XXI века) атомных подводных лодок (АПЛ) типа «Seawolf» (SSN-21), созданных в рамках принятой в США морской стратегии «передовых рубежей» для блокады советского ВМФ в его прибрежных водах и базах, а также действий против советских стратегических подводных ракетоносцев. В частности, решено ограничиться только тремя лодками типа «Seawolf», а для серийного строительства принять новую многоцелевую АПЛ, более дешевую в строительстве и эксплуатации и, одновременно, более приспособленную к изменившимся боевым задачам и условиям ведения боевых действий.

Новая АПЛ, первоначально фигурировавшая под название «Centurion» (NSSN), получила название «Virginia» (SSN-774) и представляет собой дальнейшее развитие построенных большой серией АПЛ типа «Los Angeles» (SSN-688), а точнее, их последней улучшенной (*I* — improved) модификации — АПЛ типа «San Juan» (SSN-688*I*), о чем можно судить по данным табл. 1.

Главное отличие «Verginia» от существующего сегодня «Seawolf» заключается в наличии 12 вертикально расположенных вне прочного корпуса в носовой части лодки пусковых установок (ВПУ) для крылатых ракет «Tomahawk» при уменьшенном в два раза числе торпедных аппаратов (общее количество единиц оружия на 25%), меньшей скорости полного подводного хода (на 5 уз) и сниженной предельной глубине погружения (с 600 до ок. 500 м).

По мнению американских специалистов, при серийном строительстве АПЛ типа «Virginia» будет иметь преимущество перед «Seawolf» в военно-экономическом отношении (по критериям «эффективность/стоимость»).

В то же время решение об отказе от дальнейшего строительства многоцелевых АПЛ — на базе проекта «Seawolf» — и соответственно о переключении на строительство лодок типа «Virginia» продолжает обсуждаться в США, о чем свидетельствует опубликованная в декабрьском номере журнала «U. S. Naval Institute Proceedings», 1998 (p. 68—71) статья Георгия Святова, посвященная этому вопросу[1]. По существу, содержание этой статьи сводится к мнению (или предложению) о возможности и целесообразности сохранения в программе кораблестроения США, наряду с «Virginia», АПЛ типа «Seawolf» в одном из модифицированных вариантов, которым дается обозначение SSN-21*I*. При этом утверждается, что последние могут строиться в меньшем количестве, чем «Virginia».

Основным элементом модификации является довооружение АПЛ типа «Seawolf» ВПУ для крылатых ракет «Tomahawk», так как в настоящее время с этих лодок может быть обеспечен (из ТА) только 6—8-ракетный залп «Tomahawk» (6 ракет — когда в двух ТА должно постоянно находиться оружие самообороны), а для «Los Angeles» (SSN-688*I*) и «Virginia» число ракет в одном залпе может составлять 14—16 (12 из ВПУ, остальные — из ТА). Увеличение числа ракет в одном залпе имеет существенное значение для преодоления ими противоракетной обороны.

В статье Г. И. Святова в качестве основного варианта модификации предлагается установить на «Seawolf» 16 ВПУ для крылатых ракет «Tomahawk» вне прочного корпуса (как это сделано на «Los Angeles» и предусматривается на «Virginia») и еще 16 таких же ВПУ, врезанных в прочный корпус, — в средней части корабля (за ограждением рубки), при увеличении его длины на 10 футов (ок. 3 м) и водоизмещения на 350 т. (см. рис. на стр.). Если дополнительно учесть предлагаемую замену 8 ТА х 660 мм на 12 ТА х 533 мм, то число пусковых установок в проекте SSN-21*I* увеличится до 44,

[1] George Sviatov. «Fleet of Modified Seawolfs & Virginias Makes Sense». Г. И. Святов в 1954 г. закончил ВВМИУ им. Ф. Э. Дзержинского, после чего некоторое время проходил службу в органах кораблестроения ВМФ. В настоящее время проживает в США, работая вашингтонским директором компании «Трансокеаник», планирующей открытие морской пассажирской линии между Нью-Йорком и Санкт-Петербургом.

Таблица 1

Основные тактико-технические элементы атомных многоцелевых подводных лодок ВМС США[1]

Тип ПЛ	«San Juan» SSN-688I	«Virginia» SSN-774	«Seawolf» SSN-21	«Seawolf» SSN-21I
Водоизмещение, т:				
нормальное	6000	Ок. 6700	Ок. 7500	Ок. 7900
полное подводное[2]	6930	Ок. 7700	9137	Ок. 9500
Длина, м	110	115	108	111
Ширина, м	10,1	10,3	12,2	12,2
Энергоустановка: количество гребных валов х мощность, л. с.	1х35000	1х40000	1х60000	
Скорость полного подводного хода, уз	32—33	Ок. 35	40	
Предельная глубина погружения, м	500		600	
Количество ТА х калибр, мм	4х533		8х660	12х533
Количество ПУ для крылатых ракет (кроме ТА)	12		—	32
Обществ количество единиц оружия[3]	38 (26)		50	100 (68)

Примечания. 1 — данные по справочнику «Jane Fighting Ships» (1998—1999 гг.) и по статье Г. И. Святова; 2 — для ПЛ США нормальное водоизмещение приближенно определено делением полного подводного водоизмещения на коэффициент 1,15—1,20, однако возможно, что в таблице приведены значения подводного, а не полного подводного водоизмещения; 3 — в скобках приведено количество единиц оружия, используемого из торпедных аппаратов (ТА).

а общее количество ракетного и торпедного оружия предполагается довести до 100 ед., увеличив его вдвое по отношению к проекту SSN-21. В дальнейшем обозначим такой вариант «Seawolf» как SSN-21*IM* (М — «максимальный»)[1].

По общему количеству пусковых установок для использования всех видов оружия, приходящемуся на 1000 т водоизменения, SSN-21*IM* в пять раз превосходит «Seawolf» (SSN-21) и в два раза подводные лодки «San Juan» и «Virginia» (см. табл. 1). Аналогичный показатель для общего боекомплекта всех видов оружия у SSN-21*IM* в два раза выше, чем у остальных рассматриваемых здесь АПЛ.

По мнению Г. И. Святова, модифицированный «Seawolf» (SSN-21*IM*) будет превосходить по «боевой мощи» «Virginia» в 5—6 раз, что обеспечит преимущество в военно-экономическом отношении и, в свою очередь, даст основание для сохранения SSN-21*IM* в программе кораблестроения. В этом плане приведена даже аналогия с надводными кораблями: SSN-21*IM* называется «настоящим подводным крейсером», а «Virginia» — «более дешевым подводным эсминцем».

Необходимость развития программы SSN-688*I* автор комментируемой статьи обосновывает только большим водоизмещением существующих российских АПЛ пр. 971 и еще большим водоизмещением строящихся лодок типа «Северодвинск». Из этого можно предположить, что, по мнению Г. И. Святова, меньшее водоизмещение может дать АПЛ типа «Virginia» заметное превосходство в противолодочных действиях против российских многоцелевых АПЛ, в чем можно сильно сомневаться. Применительно к SSN-21*IM* отмечено, что эти лодки «должны быть оснащены системами обычного и ядерного оружия для действия в зонах крупных и более мелких региональных конфликтов...».

Оставляя пока в стороне обсуждение вопросов тактического и военно-экономического плана, отметим, что в статье Г. И. Святова, в отличие от последнего издания широко известного справочника «Jane's Fighting Ships» (1998—1999 гг.), для «Seawolf» и «Virginia» приведены данные по скоростям полного подводного хода, которые согласуются с мощностью энергоустановок, водоизмещением и главными размерениями этих лодок (см. табл. 1). Действительно, скорости 38,5—40 уз для «Seawolf» и 34—35 уз для «Virginia» могут быть получены при технически реальных значениях коэффициента полного сопротивления движению ($\zeta x10^3$ ≈2,65—2,70) и пропульсивного коэффициента ($\eta \approx$ 0,80—0,85).

В этом можно убедиться, если воспользоваться приведенными в табл. 1 значениями полного подводного водоизмещения V (м^3)[2], мощности энергоустановок на гребном валу Ne (л. с.), длины корпусы L (м), его диаметра B (м) и применить известные формулы для определения скорости хода v_s (уз):

$$v_s = 2{,}21\left(\frac{Ne\eta\eta_B}{\zeta\omega V^{2/3}}\right)^{1/3}; \qquad (1)$$

$$\omega \approx 5{,}60 + 0{,}26\, L/B, \qquad (2)$$

где $\eta_в$ — КПД линии гребного вала (ок. 0,98).

Дополнительно необходимо учесть, что формула (2) может давать несколько завышенное (приблизительно на 5%) значение относительной поверхности наружного корпуса ω (без выступающих частей), и в формуле (1), строго говоря, в качестве V необходимо принимать объем корпуса без выступающих частей. Этот объем, хотя и незначительно, но меньше полного подводного водоизмещения.

Для специалистов представляет интерес и ряд других приведенных в комментируемой статье сведений, относящихся к АПЛ «Virginia», а именно:

возможность (в будущем) оснащения лодки высокоэффективной тактической ракетной системой для поражения наземных целей с дальностью стрельбы 160 миль;

наличие шлюзовой камеры, позволяющей использовать современную систему доставки боевых пловцов, а также спецназ (специальное оборудование для них размещается в палубном контейнере). Здесь можно отметить, что США вообще придают большое значение разведывательным и разведывательно-диверсионным действиям своих АПЛ. В статье Г. И. Святова при перечислении боевых задач «Virginia» ведение

[1] Введение индекса «М» связано с тем, что Г. И. Святов упоминает и «усеченный» вариант: размещение только 16 ВПУ в носовой части корабля (вне прочного корпуса) при сохранении 8 ТА с боекомплектом 50 ед. В дальнейшем этот вариант обозначим SSN-21*IУ*.

[2] Современные атомные ПЛ ВМС США имеют «классическую» однокорпусную архитектуру, практически без надстройки, в силу чего объем проницаемых частей является минимально возможным; значения подводного и полного подводного водоизмещения близки.

скрытной разведки стоит на первом месте;

применение в составе энергоустановки ядерного реактора, не требующего перезарядок активной зоны в течение всего запланированного срока службы АПЛ, и сокращение продолжительности капитальных ремонтов, что обеспечивает длительное нахождение лодки в составе действующих сил (ок. 94,5%, что на 1,5% выше, чем у АПЛ «San Juan») и уменьшает затраты на эксплуатацию АПЛ;

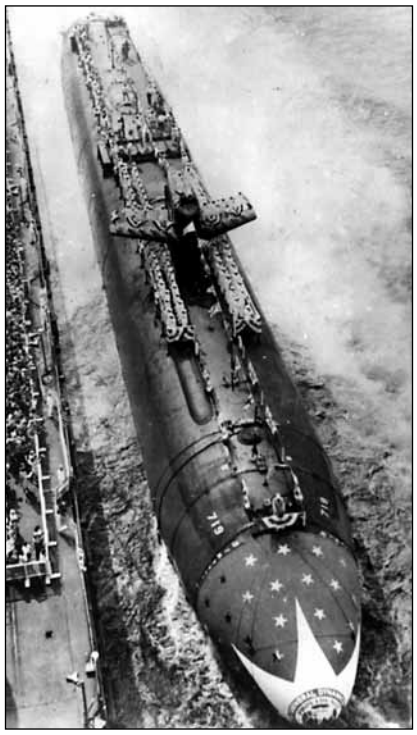
повышение уровня автоматизации управления оружием, вооружением и техническими средствами, позволяющее сократить численность вахты по сравнению с «Seawolf» на 15 чел. и иметь относительную численность экипажа, приходящуюся на 1000 т водоизмещения, 17 чел. (на АПЛ «Sturgeon» — 28 чел., на «Los Angeles» — 18 чел.);

применение с целью уменьшения стоимости строительства АПЛ имеющейся в наличии техники, уменьшение на 60—70% вновь разрабатываемого программного обеспечения, сокращение стоимости разработки материальных средств (на 70—80%), а также системы обеспечения (в 4 раза).

В качестве недостатков «Virginia» по сравнению с «Seawolf» отмечается более высокий уровень подводной шумности (конкретные данные не приведены) и меньшие модернизационные возможности. О возврате на «Virginia» к калибру торпедных аппаратов 533 мм в комментируемой статье конкретно ничего не сказано, хотя упомянуто, что примененный на «Seawolf» калибр 660 мм связан с уменьшением шумности при торпедной стрельбе. Отмечая этот факт, Г. И. Святов все же предлагает на модернизированном «Seawolf» (SSN-21*IM*) разместить 12 ТА х 533 мм, хотя не исключает и возможности сохранения 8 ТА х 660 мм.

Соотношение между показателями боевой эффективности «Virginia» и SSN-21*IM* (SSN-21*IУ*). Попытаемся прокомментировать статью Г. И. Святова и в данном отношении, полагая при этом, что применяемый им термин «capabilities» (боевые способности) аналогичен нашему понятию боевой эффективности.

Потенциальные боевые возможности главным образом определяются качественным и количественным составом оружия, т. е. типами (образцами) этого оружия, количеством пусковых установок (ПУ) для его использования и имеющимися на борту боекомплектами.



Спуск на воду атомной подводной лодки «Providence» — первой лодки типа «Los Angeles» с вертикальными пусковыми установками для крылатых ракет «Tomahawk», 1984 г.

В том случае, когда сравниваются корабли, оснащенные одними и теми же типами оружия, как это имеет место для многоцелевых лодок ВМС США, остается только количество ПУ и соответствующие боекомплекты. Используя специальные приемы и методы, можно получить интегральный показатель боевого потенциала ($П_1$) одиночного корабля, который будет некоторой функцией от количества ПУ и боекомплектов:

$$П_1 = f(m_i, M_i), \; ; \quad i = 1,..., n, \qquad (3)$$

где M_i — боекомплект i-го типа оружия; m_i — количество соответствующих ПУ.

Коэффициент реализации потенциала $П_1$ зависит от многих факторов, среди которых присутствуют как тактико-технические характеристики корабля, включая указанные выше величины m_i и M_i, так и внешние параметры, характеризующие условия ведения боевых действий.

В общем случае коэффициент реализации можно представить в виде произведения показателя (коэффициента) боевой устойчивости корабля ($0 \le к_{бу} \le 1$) и коэффициента оперативного использования ($0 \le к_{ои} \le 1$), характеризующего предельно возможную интенсивность ведения боевых действий (в том числе боевой службы) кораблем. Для АПЛ боевая устойчивость определяется в первую очередь скрытностью действий, а во вторую — наличием и эффективностью оружия и средств самообороны. На подводных лодках ВМС США в качестве оружия самообороны используются торпеды Мк-48 (против подводных лодок и надводных кораблей) и крылатые ракеты «Harpoon» (против надводных кораблей). Это оружие, как и ударные (наступательные) крылатые ракеты «Tomahawk», может использоваться из торпедных аппаратов. Естественно, что приведенное выше разделение оружия на оборонительное и наступательное носит условный характер, поскольку ракеты «Harpoon» и торпеды Мк-48 могут применяться и в наступательных действиях.

Таким образом, показатель боевой эффективности ($Э_1$) одиночного корабля можно представить в виде:

$$Э_1 = П_1 \, к_{ои} к_{бу} \; . \qquad (4)$$

В тех случаях, когда рассматривается использование N однотипных кораблей, их суммарную боевую эффективность $Э(N)$ часто можно представить (особенно для АПЛ) выражением:

$$Э(N) = N П_1 к_{ои} \, к_{бу}(N) \; , \qquad (5)$$

в котором учтено, что величина $к_{бу}$ для каждого из действующих кораблей может зависеть от N.

Можно показать, что при фиксированном суммарном потенциале противодействия противника и действиях всех АПЛ (независимо от их числа) в районах с одной и той же суммарной площадью величина $к_{бу}$ может считаться не зависящей от числа лодок N. Наоборот, если с ростом N суммарная площадь районов увеличивается, то величина $к_{бу}$ для каждой из действующих лодок возрастает, что обусловлено необхо-

Строительство атомной подводной лодки «Seawolf» на верфи «Electric Boat» в Гротоне

димостью распределения одного и того же суммарного потенциала противодействия на большей площади поиска.

Обратимся теперь к приведенной Г. И. Святовым оценке превосходства SSN-21*IM* над «Virginia» по боевой эффективности в 5—6 раз. Используя данные табл. 1, можно установить, что по суммарному боекомплекту оружия и суммарному количеству пусковых установок (ВПУ и ТА) три АПЛ типа «Virginia» эквивалентны и даже приблизительно на 10% превосходят одну лодку типа SSN-21*IM*, а если рассматривать вариант SSN-21*IУ*, то две лодки типа «Virginia» имеют превосходство по числу ПУ в 1,3 раза и по общему боекомплекту оружия в 1,15 раза. Отсюда следует, что по потенциальной эффективности ударов ракетами «Tomahawk» (особенно по наземным целям) три тактически взаимодействующие АПЛ типа «Virginia» эквиваленты (при любом требуемом числе ракет в залпе, вплоть до 44 ед., обеспечиваемых на SSN-21*IM*) одной АПЛ типа SSN-21*IM*, и при одиночном сравнении преимущество последней примерно трехкратное. Такое же превосходство SSN-21*IM* будет иметь и по потенциальным возможностям в противолодочных действиях с учетом того, что при высокой эффективности современного противолодочного оружия подводные лодки в каждой из атак или при самообороне используют в большинстве случаев не более двух торпед в залпе и практически осуществляют при этом не более двух залпов.

Таким образом, для того, чтобы превосходство АПЛ типа SSN-21*IM* над АПЛ «Virginia» возросло до 5—6 раз, первая из этих лодок должна иметь (в формуле (5)) в 1,7—2 раза большее значение произведения $к_{ои}к_{бу}$, причем для «Virginia» величина $к_{бу}$ должна определяться с учетом одновременного использования трех лодок этого типа. Полагая значения $к_{ои}$ одинаковыми, хотя для «Virginia» этот коэффициент может быть несколько выше (ядерный реактор без перезарядки активной зоны, сокращение продолжительности капитальных ремонтов), получаем, что АПЛ типа SSN-21*IM* должна иметь в 1,7—2 раза более высокую боевую устойчивость. Это, в свою очередь, означает что величина $к_{бу}$ для «Virginia» теоретически не может быть более 0,5—0,6!

Ни превосходство АПЛ типа SSN-21*IM* в скорости полного подводного хода (35—40 уз), предельной глубине погружения (500—600 м), количестве торпедных аппаратов (даже в три раза), ни, наконец, упоминаемое Г. И. Святовым (без указания конкретных цифр) преимущество в уровнях подводной шумности не могут, на наш взгляд, объяснить столь значительный рост боевой устойчивости SSN-21*IM* при нанесении ударов ракетами «Tomahawk» и в противолодочных действиях, т. е. при решении главных задач. Практически единственной ситуацией, в которой может проявить себя в три раза большее количество ТА у SSN-21*IM*, является самооборона одиночной лодки от поисково-ударных групп надводных кораблей с использованием тактических ракет «Harpoon» и торпед. Это относится и к варианту SSN-21*IУ*, у которого вдвое больше количество ТА. Наиболее реально эта ситуация может складываться при решении разведывательно-диверсионных задач.

Не хочется думать, что приводимая Г. И. Святовым оценка преимущества SSN-21*IM* по «боевой мощи» в 5—6 раз (по сравнению с «Virginia») получена путем сложения отношений суммарного количества единиц оружия и суммарного числа ПУ для его использования, а именно: 100/38+44/16 = 5,4. Такой подход является совершенно некорректным, хотя он и напоминает так называемый метод аддитивных сверток основных тактико-технических элементов, который иногда применяется при сравнительной оценке боевой эффективности кораблей и основывается на введении понятия «идеального корабля» и показателя, оценивающего для каждого из сравниваемых кораблей относительную близость к «идеальному кораблю». В случае применения такого метода превосходство АПЛ типа SSN-21*IM* над «Virginia» может находиться в пределах 2,75—3 раз.

Таким образом, с учетом боевой устойчивости наибольшее относительное преимущество SSN-21*IM* будет в дальнейшем приниматься четырехкратным, а наименьшее — трехкратным.

Сравнительная военно-экономическая оценка АПЛ «Virginia» и SSN-21*IM* по среднеожидаемому реализуемому боевому потенциалу. Для того, чтобы сравнить подводные лодки SSN-21*IM* и «Virginia» в военно-экономическом отношении, необходимо иметь данные по стоимости создания и содержания (эксплуатации) этих лодок. В комментируемой статье Г. И. Святова на этот счет приведены только следующие сведения: средняя стоимость каждой из первых четырех АПЛ типа «Virginia» — 2,6 млрд дол., пятой и каждой последующей — 1,65 млрд дол.; средняя стоимость каждой из первых четырех АПЛ типа SSN-21*IM* (при сдаче одной лодки каждые три года) — 2,5 млрд дол. О стоимости содержания лодок ничего не говорится. Но без сомнения, для «Virginia» эта стоимость должна быть заметно меньше. С учетом этого обстоятель-

ства, преимущество «Virginia» перед SSN-21*IM* и SSN-21*IУ* по стоимости и содержанию можно оценить как двухкратное[1]. Отсюда следует вывод, что вариант SSN-21*IУ* не имеет преимущества, а, скорее всего, уступает «Virginia» в военно-экономическом отношении (по критерию «эффективность/стоимость»). Видимо поэтому Г. И. Святов и «довооружает» этот вариант еще 16-ю ВПУ и «заменяет» 8 ТА х 660 мм на 12 ТА х 533 мм.

Что касается SSN-21*IM*, то по критерию «эффективность/стоимость» эта лодка с формальной точки зрения имеет преимущества перед «Virginia», в 1,5—2 раза, т. е. при использовании показателя эффективности всей группировки лодок (5) и любом бюджете *S*, выделяемом на создание и содержание группировки, целесообразно строительство только лодок SSN-21*IM*. Любая «смесь» SSN-21*IM* и «Virginia» будет проигрывать этому решению в военно-экономическом отношении, опять-таки имея в виду принятый показатель боевой эффективности (5) и прямо пропорциональную зависимость стоимости создания и содержания группировки от числа входящих в нее АПЛ.

Однако приведенный выше результат не учитывает самостоятельную роль численности группировки многоцелевых АПЛ. При одном и том же бюджете число лодок SSN-21*IM* в группировке будет в два раза меньше по сравнению с «Virginia». Такое уменьшение числа АПЛ при относительно небольшом бюджете может оказаться неприемлемым, исходя из необходимости военного присутствия и (или) ведения боевых действий на различных разобщенных морских театрах и (или) в различных удаленных друг от друга районах.

Действительно, ВМС США планируют к 2020 г. иметь 30 лодок типа «Virginia» (например, по 15 ед. на атлантическом и тихоокеанском направлениях)[2]. При сохранении тех же затрат и строительстве лодок SSN-21*IM* общая численность сократится до 15 ед., т. е. по 7—8 лодок на каждом из указанных выше направлений, и хотя по суммарной боевой эффектности, определяемой выражением $Э = П_1 к_{ои} к_{бу} S/s_1$ (где s_1 — стоимость создания и содержания одной лодки) 15 лодок SSN-21*IM* превосходят эквивалентную по стоимости группировку из 30 лодок «Virginia» в 1,5—2 раза, наличие только 15 лодок, исходя из приведенных выше соображений, может оказаться недостаточным. Это же относится и к сравнению планируемой после 2020 г. группировки из 50 лодок типа «Virginia» с эквивалентной по стоимости 25-лодочной группировкой SSN-21*IM*.

Атомная подводная лодка «Seawolf»

Сравнительная военно-экономическая оценка АПЛ «Virginia» и SSN-21*IM* по вероятности реализации требуемого значения боевого потенциала. Теоретически могут сложиться условия, при которых целесообразной оказывается программа одновременного создания АПЛ с различными показателями военно-экономической эффективности. Если рассматривать АПЛ только двух типов, то «смешанную» стратегию часто формулируют в виде тезиса: «небольшое число высокоэффективных и дорогих кораблей плюс большее количество менее эффективных, но более дешевых кораблей». Именно такой подход предлагается в комментируемой статье.

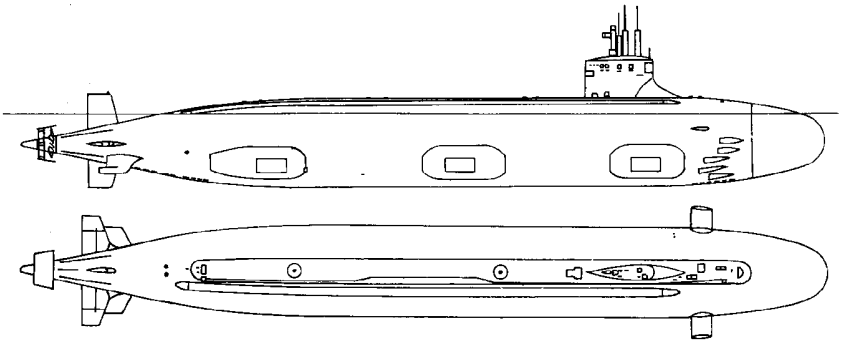
В дальнейших рассуждениях по данному вопросу используется довольно старая статья, опубликованная в журнале «Naval Research Logistic Quarterly», 1954, N 2, (с. 116—140) — Marshacj Mickey M. «Optimal weapon system». При этом с учетом приведенных выше данных по соотношению боевой эффективности и экономических показателей будет использоваться допущение, что при любом числе создаваемых лодок (в том числе и при организации соответствующих однотипных группировок) суммарная стоимость создания и содержания группировки равна $n_1 s_1 + n_2 s_2$ (где n_1, n_2 — число создаваемых лодок типов «Virginia» и SSN-21IM, соответственно; s_1, s_2 — стоимость создания и содержания одной серийной лодки).

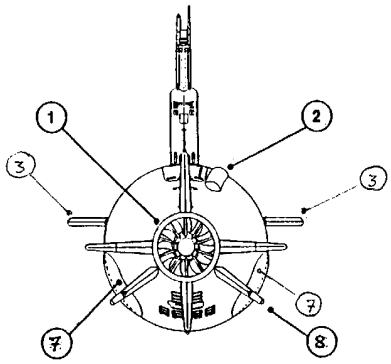
Сразу укажем на то, что в рассмотренной ниже постановке задачи военно-экономической оптимизации состава группировки условия целесообразности «смешанной» стратегии не выполняются, т. е. во всех представляющих практический интерес случаях целесообразной оказывается одна из однотипных группировок, причем не обязательно из лодок SSN-21*IM*.

Итак, предположим, что некоторый фиксированный бюджет *S* может

[1] Эта эвристическая оценка автора данных комментариев основана на приведенных в статье Г. И. Святова технических особенностях «Virginia», о которых было сказано выше. Кроме того, в общем случае необходимо учитывать и разницу (примерно в 2,5 раза) в стоимости боекомплекта оружия, хотя это обычно не делается.

[2] Всего к 2020 г. в ВМС США планируется иметь около 50 многоцелевых АПЛ: 3 — типа «Seawolf», до 30 типа «Virginia» и около17 типа «San Juan». ВМС планирует закупить четыре лодки типа «Virginia» до конца 2002 г. и с 2007 г. ежегодно приобретать по 2—3 такие лодки, поддерживая численность группировки 50 ед. (данные из статьи Г. И. Святова).





Схематичный внешний вид атомной лодки «Seawolf»:
1 — водометный движитель («pump-jet»); *2* — обтекатель гибкой буксируемой антенны ГАК; *3* — убирающиеся носовые горизонтальные рули; *4* — обтекатель носовой антенны ГАК; *5* — волнорезные щиты ТА (по 4 с каждого борта); *6* — низкочастотный гидрофон; *7* — бортовые антенны ГАК; *8* — стабилизатор постановки и выборки буксируемой антенны; *9* — высокочастотный гидрофон; *10* — выдвижная шахта РДП с антенной РЛС; *11* — перисковы и антенны; 12 — убирающаяся антенна навигационной РЛС. *I*, *II* — районы размещения ВПУ для ракет «Tomahawk»(по предложению Г. И. Святова (в районе II — за счет удлинения корпуса на ок. 3 м)

произвольно распределяться на создание и содержание рассматриваемых АПЛ, боевые потенциалы которых с учетом одинаковых и детерминированных значений $к_{ои}$ обозначим через $П_{11}$ («Virginia») и $П_{12}$ (SSN-21*IM*), а коэффициенты их боевой устойчивости (величины $к_{бу}$) — через p_1 и p_2, рассматриваемые как соответствующие вероятности. Будем считать, что вся группировка (независимо от ее численности) действует в районе одной и той же суммарной площади, что, как уже упоминалось ранее, позволяет считать величины p_1 и p_2 не зависящими от численности группировок. Для суммарного боевого потенциала группировки будем использовать выражение:

$$П_{\Sigma} = П_{11}n_1 + П_{12}n_2 \ . \qquad (8)$$

Ввиду наличия вероятностей p_1 и p_2 суммарный реализуемый боевой потенциал будет случайной величиной (Y). Если отдельные АПЛ действуют независимо друг от друга и общая численность $(n_1 + n_2)$ группировки достаточно велика (соответственно, достаточно велик бюджет *S*), то в большинстве случаев величину Y можно считать распределенной по нормальному закону с математическим ожиданием (EY) и дисперсией (*DY*), определяемыми выражениями:

$$EY = П_{11}p_1 \frac{S}{s_1}(1-x) + П_{12}p_2 \frac{S}{s_2}x \ ; \qquad (9)$$

$$DY = П_{11}{}^2 p_1 q_1 \frac{S}{s_1}(1-x) + П_{12}{}^2 p_2 q_2 \frac{S}{s_2}x \ ,$$

где $0 \le x \le 1$ — доля бюджета *S*, выделяемая на подводные лодки типа SSN-21*IM*; $q_i = 1 - p_i$, $i = 1,2$. Обратим внимание на то, что величины S/s_i, представляют собой численности соответствующих однотипных группировок.

Наконец, предположим, что необходимо обязательно достичь некоторого заданного значения y_0 случайной величины Y, т. е. суммарного реализуемого боевого потенциала, причем в случае $y < y_0$ эффективность группировки равна нулю, а при всех $y \ge y_0$ эта эффективность, принимаемая условно равной единице, остается неизменной (*y* — возможные значения, которые может принимать случайная величина Y). Показателем эффективности группировки в этом случае является вероятность $P\{Y \ge y_0\}$, которую необходимо максимизировать путем оптимального выбора значения величины *x* в интервале [0, 1]. Показатель $P\{Y \ge y_0\}$ называется вероятностью решения поставленной боевой задачи.

В математической форме задача оптимизации *x* может быть представлена в виде:

$$\max_{0 \le x \le 1} \left\{ \frac{a_1 + (a_2 - a_1)x - y_0}{\sqrt{b_1 + (b_2 - b_1)x}} \right\}, \qquad (10)$$

где $a_i = П_{1i}p_iS/s_i$; $b_i = П_{1i}{}^2 p_iq_iS/s_i$; $i = 1; 2$.

Очевидно, что в случае, когда максимум целевой функции *F*(x) задачи (10) достигается при значении $x_{опт}$, лежащем между нулем и единицей, оптимальным является наличие в составе группировки АПЛ обоих рассматриваемых типов, причем количество лодок каждого из типов определяется величиной $x_{отп}$, а именно: $S(1 - x_{опт})/s_1$ — количество лодок типа «Virginia»; $Sx_{опт}/s_2$ — количество лодок типа SSN-21*IM*.

Если окажется, что $x_{опт} = 0$, то целесообразно создавать однотипную группировку из лодок «Virginia» численностью S/s_1. В случае, когда $x_{опт} = 1$, целесообразна однотипная группировка из лодок SSN-21*IM* численностью S/s_2.

Перед тем как перейти к рассмотрению решения задачи (10) применительно к «Virginia» и SSN-21*IM*, напомним, что в соответствии с ранее приведенными результатами ($П_{12} = 3П_{11}$; $П_{12}p_2 = 4П_{11}p_1$; $s_2 = 2s_1$) имеют место следующие оценки:

$$\frac{a_2}{a_1} = \frac{П_{12}p_2s_1}{П_{11}p_1s_2} = 2{,}0 \ ; \ p_2 = 1{,}33p_1; \qquad (11)$$

$$\frac{b_2}{b_1} = \frac{П_{12}{}^2 p_2q_2s_1}{П_{11}{}^2p_1q_1s_2} = 6\frac{q_2}{q_1},$$

где $q_1 = 1 - p_1$; $q_2 = 1 - 1{,}33p_1$ и вероятность p_1 может изменяться в пределах от нуля до 0,752 (верхняя граница этого диапазона определяется физическим условием $p_2 \le 1$).

В зависимости от p_1 величина b_2/b_1 принимает следующие значения:

Таблица 2

p_1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,71	0,72	0,73	0,74	0,75
b_2/b_1	5,78	5,51	5,15	4,68	4,02	3,03	1,38	1,14	0,91	0,65	0,37	0,06

Вычислив производную целевой функции (10) и обозначив $\Delta a = a_2 - a_1$; $\Delta b = b_2 - b_1$, получим, что условиями оптимальности смешанной группировки, состоящей из лодок обоих рассматриваемых типов, являются следующие неравенства для производных, вычисленных в точках $x = 0$ и $x = 1$:

$$\left.\frac{dF(x)}{dx}\right|_{x=0} = \frac{2b_1\Delta a - \Delta b(a_1 - y_0)}{2b_1\sqrt{b_1}} > 0; \quad (12)$$

$$\left.\frac{dF(x)}{dx}\right|_{x=1} = \frac{2b_2\Delta a - \Delta b(a_2 - y_0)}{2b_2\sqrt{b_2}} < 0, \quad (13)$$

где применительно к рассматриваемому нами случаю имеем: $a_2 > a_1 > 0$; ($\Delta a>0$); $b_1>0$; $b_2>0$ и по физическому смыслу $y_0 > 0$.

Что касается знаков величин Δb и $(a_i - y_0)$, то они могут быть как положительными, так и отрицательными.

Неравенства (12) и (13) могут быть представлены в виде:

$$a_1 - 2b_1\frac{\Delta a}{\Delta b} < y_0 < a_2 - 2b_2\frac{\Delta a}{\Delta b}. \quad (14)$$

Довольно просто показать, что при указанных выше знаках величин a_i, b_i, Δa и y_0 неравенство (14) теоретически может выполняться только при $\Delta b<0$, т. е. $b_2<b_1$, или, что то же самое, $b_2/b_1<1$. Для этого надо потребовать, чтобы выражение, стоящее в правой части двойного неравенства (14), было положительным и больше соответствующего выражения в левой части этого неравенства.

Учитывая условие $\Delta b<0$, неравенство (14) можно привести к виду;

$$a_2 + 2b_2\frac{\Delta a}{|\Delta b|} < y_0 < a_1 + 2b_1\frac{\Delta a}{|\Delta b|}, \quad (15)$$

где $|\Delta b| = |b_2 - b_1|$ — абсолютное значение разности $(b_2 - b_1)$.

Применяя полученные выше результаты при сравнительной оценке АПЛ «Virginia» и SSN-21*IM*, приходим к следующим выводам.

Во-первых, из условия $b_2<b_1$ и табл. 2 следует, что создавать смешанную группировку целесообразно только при идеально высокой степени боевой устойчивости лодок SSN-21*IM*, а именно при $p_1>0{,}72$ (точная оценка $p_1>0{,}716$), чему для SSN-21*IM* соответствует $p_2>0{,}96$ (!). Причем и в этом случае все будет зависеть от заданного значения y_0, которое должно находиться в интервале, определяемом двойным неравенством (15) — величина y_0 должна быть достаточно велика по сравнению с a_2.

Во-вторых, из неравенства (15) следует, что при наиболее оправданном из общих соображений значении $y_0 = a_1$ (т. е., когда требуемый уровень решения задачи равен математическому ожиданию реализуемого суммарного боевого потенциала группировкой АПЛ типа «Virginia»), во всех случаях, при любых значениях $0<p_1<0{,}75$ целесообразной является однотипная группировка, состоящая из лодок SSN-21*IM*.

Обратимся теперь к более реальной ситуации, когда $b_2>b_1$ и соответственно $p_1<0{,}716$ (см. табл. 2). В этом случае целесообразной будет однотипная группировка, качественный состав которой (либо лодки «Virginia», либо SSN-21*IM*) будет зависеть от задаваемого значения y_0. Условием предпочтительности группировки из лодок SSN-21*IM* будет неравенство:

$$\frac{a_2 - y_0}{\sqrt{b_2}} > \frac{a_1 - y_0}{\sqrt{b_1}}; \quad (b_2 > b_1). \quad (16)$$

Если выполняется неравенство, обратное (16), то предпочтение будет за группировкой из лодок «Virginia».

Неравенство (16) означает:

$$y_0 > \frac{\sqrt{b} - a}{\sqrt{b} - 1} = y_0^{(*)} \quad (17)$$

где $a = a_2/a_1$; $b = b_2/b_1$; $y_0 = y_0/a_1$ и в случае $\sqrt{b} < a$ ($y_0^{(*)}<0$) необходимо полагать $y_0^{(*)} = 0$.

Используя приведенную выше оценку $a = 2$ и данные табл. 2, получаем следующую зависимость $y_0^{(*)}$ от p_1 (в пределах $0{,}1<p_1<0{,}716$):

Таблица 3

p_1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,45	0,5-0,716
(p_2)	(0,13)	(0,27)	(0,40)	(0,53)	(0,60)	(0,67-0,95)
$y_0^{(*)}$	0,286	0,259	0,213	0,138	0,085	0

Эти результаты показывают, что при реальных значениях $0{,}5 < p_1 < 0{,}716$, чему соответствует $0{,}66 < p_2 < 0{,}952$, и любых $y_0 > 0$, целесообразной (вне зависимости от выделяемого бюджета S) является однотипная группировка из лодок SSN-21*IM*. Однотипная группировка из лодок «Virginia» будет иметь предпочтение при $p_1<0{,}5$ и $y_0< y_0^{(*)}$, где $y_0^{(x)}$ зависит от значения p_1. Величина y_0 возрастает при уменьшении p_1, и в пределе (при $p_1 \to 0$) $y_0^{(*)} = 0{,}310$.

Уменьшению вероятностей p_1 и $p_2 = 1{,}33p_1$ соответствует рост противодействия со стороны противника. Если это противодействие достаточно велико, то по американскому образному выражению неразумно транспортировать «слишком много яиц в одной корзине».

Хотя снижение показателя $к_{о-и}к_{бу}$ для «Virginia» до значений менее 0,5, когда при достаточно малом объеме поставленной боевой задачи (малом значении y_0) предпочтение будет иметь однотипная группировка из таких подводных лодок, маловероятно, однако теоретически подобные условия существуют.

Выводы. 1. АПЛ типа «Virginia» являются дальнейшим техническим развитием АПЛ типа «Los Angeles» (SSN-688*I*). По тактическим элементам эти лодки практически одинаковы.

2. Основным недостатком АПЛ типа «Seawolf» (SSN-21) в современных условиях является отсутствие специальных ПУ для использования «Tomahawk» и, как следствие, недостаточное количество этих ракет в одном залпе (не более 6—8), что снижает эффективность преодоления системы противоракетной обороны поражаемых объектов.

3. В комментируемой статье Г. И. Святова данный недостаток предлагается устранить путем разработки проекта и строительства, наряду с лодками «Virginia», модифицированного «Seawolf» (SSN-21*IM*). Модификация предполагает размещение 32 ВПУ для ракет «Tomahawk», замену 8ТА х 660 мм на 12 ТА х 533 мм и доведение общего количества оружия до 100 ед. (двухкратное увеличение по сравнению с SSN-21).

4. Г. И. Святовым завышено превосходство SSN-21*IM* над «Virginia» по «боевой мощи» (боевой эффективности). Реально это превосход-

ство можно оценить не в 5—6, а только в 3—4 раза.

5. По критерию «эффективность/стоимость», предполагающему максимизацию среднеожидаемого значения реализуемого суммарного боевого потенциала группировки при любых фиксированных ассигнованиях на ее создание и содержание, группировка из АПЛ SSN-21*IM* будет иметь превосходство, по сравнению с эквивалентной (по стоимости создания и содержания) группировкой из АПЛ «Virginia», в 1,5—2 раза, но при этом численность группировки лодок SSN-21*IM* будет вдвое меньшей.

6. Если исходить из требуемой (по взглядам американских специалистов) численности многоцелевых АПЛ в ВМС США — 50 ед., то создание однотипной группировки лодок SSN-21*IM* потребует примерно двухкратного увеличения ассигнований по сравнению с такой же по численности группировкой лодок «Virginia», хотя по среднеожидаемому суммарному значению реализуемого боевого потенциала первая из этих группировок будет в 3—4 раза превосходить вторую.

РОССИЙСКИЕ АККУМУЛЯТОРЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ ДЭПЛ

Б. В. Никифоров (ЦКБ МТ «Рубин»), **А. И. Русин**, докт. техн. наук (АОЗТ «Электротяга»), **Ю. В. Скачков**, докт. техн. наук (1 ЦНИИ МО РФ)

УДК 621.355:621.313.322-843.6:623.827

В 1980 г. для новой дизель-электрической подводной лодки (ДЭПЛ) пр. 636 (по классификации NATO — класс Kilo) был создан аккумулятор «изделие 446». В то время это был самый мощный аккумулятор. Даже в наше время его удельные характеристики энергоемкости остаются одними из самых высоких в мире, а многие использованные в конструкции технические решения до сих пор не имеют аналогов. Однако существенным недостатком «изделия 446» был малый срок службы.

С середины 90-х годов в России велись работы по созданию аккумуляторов нового поколения, объединяющих в себе повышенный срок службы, традиционные для российских аккумуляторов высокие удельные характеристики и простоту эксплуатации. Благодаря новым технологиям и конструктивным решениям создан аккумулятор «изделие 476» (рис. 1) с повышенной энергоемкостью в одночасовом режиме разряда, а в длительном режиме разряда — с постоянным конечным напряжением. У нового аккумулятора в три раза повышены ресурсные характеристики, в два раза сокращено время заряда и в четыре раза снижено выделение водорода после проведения заряда.

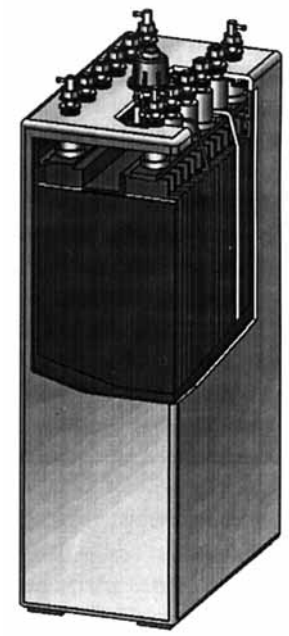


Рис. 1. **Конструкция нового аккумулятора «изделие 476»**

В аккумуляторах с большим сроком службы обычно используются положительные панцирные электроды. В таких электродах активная масса находится между токоведущими стержнями и панцирными трубками, что надежно удерживает активную массу от оплывания на всем протяжении срока службы. Однако в аккумуляторах средней высоты (до 1200 мм) использование панцирной конструкции вызывает ряд существенных недостатков. Внутреннее сопротивление таких аккумуляторов значительно выше (не менее, чем в два раза) по сравнению с аккумуляторами намазной конструкции. Это приводит к снижению электрических характеристик в коротких режимах разряда. Для получения требуемой емкости у аккумуляторов с положительными панцирными электродами снижают конечное напряжение в коротких режимах разряда, что не всегда допустимо. Кроме того, они обычно не допускают постоянных длительных разрядов более чем на 80%. В то же время у российских аккумуляторов в соответствии с требованиями ВМФ степень разряда традиционно не ограничивается. К недостаткам положительного панцирного электрода следует также отнести высокое напряжение перезаряда. Оно значительно превышает принятые значения в отечественном ВМФ и приводит к значительному расширению диапазона изменения напряжения в сети постоянного тока, повышенным требованиям к источникам электроэнергии на ДЭПЛ и на базе, что не позволяет проводить замену аккумуляторов на ранее построенных ДЭПЛ.

Указанные причины привели к необходимости создания аккумуляторов с намазным электродом специальной конструкции с монопанцирем. Положительный электрод монопанцирной конструкции в нашей стране разрабатывался с середины 90-х годов. Основные проблемы, связанные с ресурсными и прочностными характеристиками при минимальной толщине и низком внутреннем сопротивлении материала, были успешно решены. Предложенная монопанцирная конструкция положительного электрода (рис. 2) обеспечила, во-первых, высокие ресурсные характеристики аккумулятора, а во-вторых, исключила весьма трудоемкую и дорогую технологию, применяемую для изготовле-

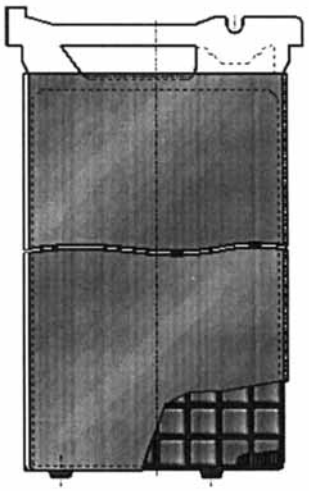


Рис. 2. **Устройство положительного электрода монопанцирной конструкции**

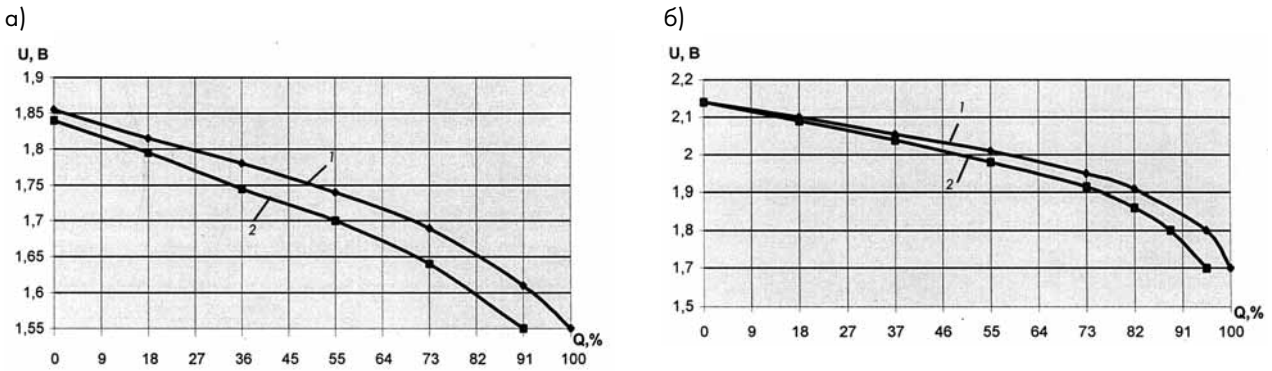


Рис. 3. **Результаты тестовых испытаний аккумуляторов (зависимость напряжения *U* от энергоемкости *Q*) в часовом (*а*) и 100-часовом (*б*) разрядных режимах:**
1 — «изделие 476»; *2* — «изделие 446»

ния панцирного электрода. С целью повышения ресурсных характеристик положительных токоотводов, их коррозионной стойкости и снижения саморазряда, положительные токоотводы изготовляются из специального сплава с минимальным содержанием сурьмы, а в электролит вводятся активирующие добавки.

Для улучшения эксплуатационных характеристик аккумуляторов и повышения энергоемкости в длительных режимах разряда была полностью переработана конструкция бака. Новая конструкция бака обеспечила экономию внутренних объемов аккумулятора и позволила увеличить объем электролита при тех же внешних размерах. Кроме того, была полностью переработана система водяного охлаждения, что позволило снизить массу всей аккумуляторной установки, повысить эффективность и надежность охлаждения.

С целью обеспечения высоких ресурсных характеристик аккумулятора нового поколения («476») была изменена система механического перемешивания электролита. В аккумуляторе установили отечественную систему типа «аэролифт», обеспечивающую эффективное перемешивание электролита во всех режимах эксплуатации без взмучивания придонного осадка. Применявшаяся ранее система приводила к возникновению коротких замыканий через свинцовую губку, которая образовывалась на боковых кантах отрицательного электрода при электрохимическом восстановлении шлама. Система «аэролифт» обеспечивает более эффективное охлаждение электролита, так как с ее помощью электролит подается непосредственно к холодильникам аккумулятора.

В аккумуляторе нового поколения усовершенствована защита медного токоотвода, потому что применявшееся ранее свинцовое покрытие не обеспечивало его надежной защиты от окисления. Важно отметить, что разработанная технология нанесения нового покрытия обеспечивает покрытие медных поверхностей с внутренних сторон нижних и боковых кантов.

Впервые в комплект поставки отечественных корабельных аккумуляторов входит высокоэффективная малогабаритная система диагностирования, обеспечивающая стопроцентный контроль аккумуляторов с выработкой необходимых рекомендаций оператору на центральном посту управления ДЭПЛ. Тем самым решена проблема измерения и передачи необходимой информации от аккумуляторов к обрабатывающим устройствам. Объединенные в кольцо датчики системы, находящиеся на крышках аккумуляторов, направляют данные обрабатывающим устройствам по цифровому каналу.

Новые аккумуляторы разработаны в габаритах «изделия 446» с теми же присоединительными размерами, что позволяет без изменения схем соединения, механической системы перемешивания электролита, системы водяного охлаждения и, соответственно, без дополнительных затрат проводить замену аккумуляторов.

Изделие имеет высокие эксплуатационные характеристики, в том числе низкое газовыделение и малое время заряда, которое снижено в два — три раза по сравнению с аккумуляторами, ранее устанавливавшимися на ДЭПЛ этого класса. Такое значительное снижение времени заряда обеспечено усовершенствованными системами перемешивания электролита и водяного охлаждения, а также новыми режимами заряда, позволяющими эффективнее использовать дизель-генераторы. Величина саморазряда снижена почти в пять раз.

На рис. 3, 4 приведены основные характеристики «изделий 446 и 476».

Новые аккумуляторы устанавливаются на российских ДЭПЛ четвертого поколения проекта «Амур-1650» и обеспечивают, вместе с высокоэффективным гребным электродвигателем, достижение минимальных значений коэффициента скрытности, а также большой дальности плавания в подводном положении.

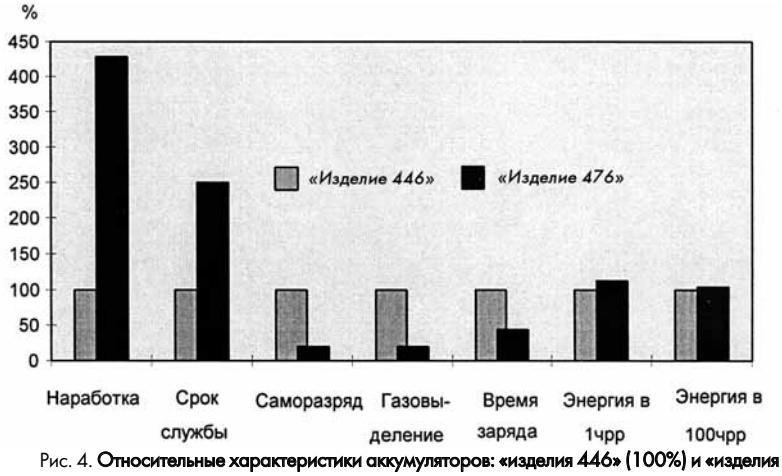


Рис. 4. **Относительные характеристики аккумуляторов: «изделия 446» (100%) и «изделия 476»**

«ПРОБЛЕМА 2000» ДЛЯ СУДОВЫХ СИСТЕМ

А. И. Яновский, В. В. Чернявец (ГОСНИНГИ МО РФ)

УДК 681.3:629.5.05

Чем ближе новое тысячелетие, тем настойчивее звучит тема возможных сбоев вычислительных средств в 2000 г. (она часто обозначается как Y2K). Такая ли уж угрожающая ситуация — вопрос весьма спорный. Профессионалам в области вычислительных систем понятно, что здесь наряду с объективными факторами большое влияние имеют субъективные, направленные на создание ажиотажа вокруг технических вопросов, которые решаются в рамках обычного круга задач по сопровождению и развитию информационных систем.

Тем не менее, проблема существует и ей, как во всем мире, так и в России, уделяется все больше внимания. В России датой начала участия государства в решении этой проблемы можно считать 10 июня 1997 г. — день подготовки приказа Государственного комитета Российской Федерации по связи и информатизации (Госкомсвязи РФ) «О проблеме представления дат в программном обеспечении». Однако анализ состояния вычислительных систем на местах и разработка методик начались почти через год: 30 мая 1998 г. было подписано распоряжение правительства РФ № 671-р, обязывающее, в частности, «в трехмесячный срок определить масштабы работ по корректировке системного и прикладного программного обеспечения». В соответствии с этим распоряжением в феврале 1999 г. Госкомсвязи РФ разработал методические материалы по обеспечению решения «Проблемы 2000». Соответствующие методические материалы были разработаны и в ВМФ.

Для непосредственной реализации работ по «Проблеме 2000» создаются «Центры компетенции по "Проблеме 2000"» и рабочие группы, в задачу которых входит оказание помощи при проверке и модернизации вычислительных систем.

Бесспорно, что бурный рост вычислительной производительности персональных компьютеров (ПК) привлек к ним заслуженное внимание разработчиков специализированного программного обеспечения (ПО). В настоящее время уже никого не удивишь автоматизированными управляющими системами на основе ПК по управлению движением судов, картографическими навигационными системами, различными вычислительными комплексами.

Некоторыми отечественными и зарубежными экспертами решение «Проблемы 2000» во многом связывается с электронными системами с программным управлением, вмонтированными в компьютерную систему, производственное оборудование, приборы и аппаратуру (далее — встроенные системы) [1]. Встроенные системы широко распространены, и это обстоятельство делает крайне трудным их полное выявление и корректировку. Особенность встроенных систем заключается в том, что их присутствие в составе компьютерных систем и оборудования может оставаться незамеченным техническим персоналом. Например, встроенные системы включают в себя датчики пожарной и аварийной тревоги, системы управления и контроля. Они присутствуют также в различных вспомогательных системах, измерительных приборах и устройствах. Хотя, на первый взгляд, встроенные системы не представляют особого интереса в контексте решения «Проблемы 2000», они играют жизненно важную роль в обеспечении и поддержании среды, в которой функционирует оборудование, компьютерные и информационно-вычислительные системы.

Условно причины возникновения «Проблемы 2000» можно разделить на технические и программно-организационные. К техническим относят проблемы совместимости аппаратной части ПК с датами 2000 г., а к программно-организационным — проблемы совместимости ПО, используемого вычислительной системой.

Обязательным элементом системной платы компьютера являются часы реального времени RTC (Real-Time Clock). Они имеют свой автономный источник питания и продолжают функционировать, даже если компьютер выключен. При включении компьютера базовая система ввода—вывода (BIOS) считывает показания часов RTC и в дальнейшем осуществляет отсчет времени самостоятельно. Операционная система при загрузке получает текущее время из BIOS и в дальнейшем также ведет самостоятельный отсчет времени. Существует много ПО, которое ведет самостоятельный отсчет времени, при этом, при первоначальной загрузке, оно может получать текущее время от операционной системы, из BIOS или непосредственно из RTC.

Изначально в конструкции часов RTC разработчики отвели место для хранения только двух цифр года. Старшие цифры года (столетие) хранятся в энергонезависимой памяти (CMOS) совместно с информацией о конфигурации данной системы. При за-

грузке BIOS получает от RTC только две цифры года, а столетие (цифры 19 или 20) считывает из CMOS (рисунок).

Несмотря на то, что часы RTC производства компании Dallas Semiconductor, в которых значение года хранится в виде четырех цифр, появились в 1992 г., приведенная на рисунке конфигурация до настоящего времени часто встречается даже в новых компьютерах.

Это, конечно, не очень приятные факты, однако и не повод для паники. Изначально в конструкции часов RTC было заложено, что за правильное значение столетия отвечает BIOS. Поэтому компьютер, BIOS которого правильно корректирует значение года, с технической точки зрения готов к переходу в 2000 г. К сожалению, далеко не все версии BIOS правильно реагируют на смену столетий. До сих пор в эксплуатации находится большое количество вычислительных систем, BIOS которых никак не реагирует на смену столетий. Такой BIOS только считывает значение столетия из CMOS. Включив 3 января 2000 г. такой компьютер, вы узнаете, что наступил 1900 г. Необходимо отметить, что это еще не самая большая проблема. Можно установить вручную показания системных часов на 3 января 2000 г., и в дальнейшем компьютер с таким BIOS будет работать правильно.

Однако существуют версии BIOS, в которых вообще нельзя изменить значение столетия. В них жестко установлены только цифры 19. К таким, в частности, относятся версии BIOS производства фирмы Award в период с апреля 1994 по май 1995 г. Ручная установка даты в этом случае не спасет.

Наконец, существует множество вариантов BIOS, в которых полученное от часов RTC значение года проверяется на корректность. При этом корректным считается значение года больше 1980. Получив от RTC значение «00», BIOS считает его некорректным и устанавливает 1980. Любопытно, что в большинстве случаев устанавливается дата 1 апреля 1980 г. Иногда встречаются и другие варианты логики BIOS.

Можно отметить, что большинство компьютеров, приобретенных в последние год—два, если и не содержат RTC с четырехзначным представлением года, то имеют

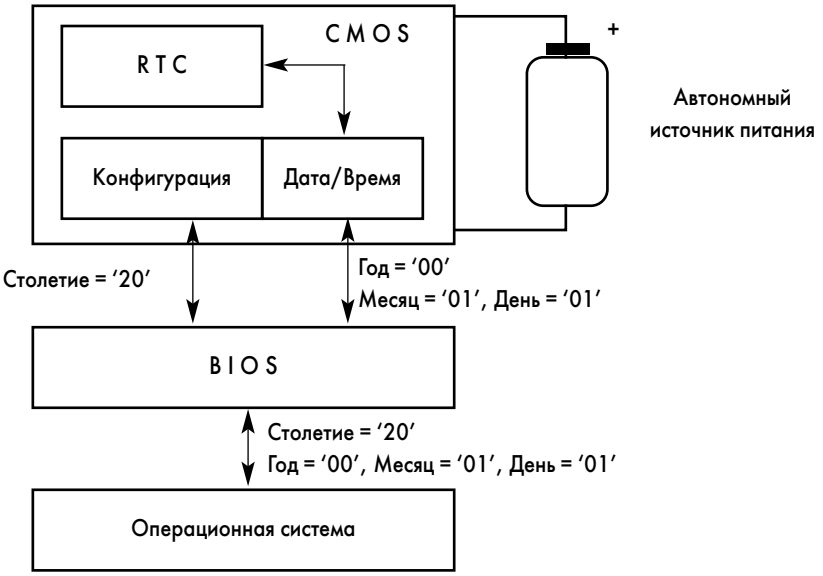


Схема обработки даты устройствами ПК и ОС

BIOS, который правильно корректирует его значение при переходе к новому столетию. Для таких компьютеров «Проблема 2000» просто не существует [2].

С технической проблемой тесно связана проблема программно-организационная, вызванная недальновидностью разработчиков. Кто мог предположить, что программы, написанные в 80-, 70- и даже 60-х годах, будут до сих пор активно применяться? По прогнозам аналитиков Gartner Group, около 30% всех приложений не совместимы с 2000 г. [3].

Операционная система (ОС) имеет собственные часы, формат которых не совпадает с форматами часов CMOS и BIOS. Кроме того, средства ОС обычно позволяют напрямую менять время и дату во всех системных часах. Прикладные программы в большинстве своем используют часы ОС. Порядок установки времени в часах ОС зависит от конкретной операционной системы. DOS и Windows устанавливают время ОС по часам BIOS и далее постоянно синхронизируются с ними. Поэтому некорректно работающие часы BIOS провоцируют проблемы на часах ОС. Но и сама ОС должна быть совместима с 2000 г., в противном случае время на ее часах будет неправильным. Некоторые ОС для установки своих системных часов могут напрямую использовать часы CMOS. В этом случае они должны корректно устранять проблемы часов CMOS.

Рынок ПО предлагает ряд тестовых программ для определения степени соответствия программного и аппаратного обеспечения 2000 г. Они позволяют не только выявить проблему на уровне таких основных компонентов компьютерной среды, как операционные системы или общеизвестные программные продукты, но и достаточно подробно исследовать сложное ПО. В частности, они могут тестировать пользовательские программы и отмечать в них места с некорректным представлением дат или ошибками в их обработке, например, с помощью пакета специализированных программ Norton 2000 компании Symantec. К сожалению, подобные программы стоят от ста до нескольких тысяч долларов, в зависимости от их возможностей. Тем не менее, имеющиеся бесплатные демонстрационные версии с ограниченными возможностями позволяют хотя бы протестировать системные часы. Среди таких программ можно выделить наиболее известные SURVIVE 2000 компании ANKH Software и Test2000.Exe компании Tigh Time Clock.

Все тестовые программы, определяющие степень совместимости с 2000 г., в обязательном порядке исследуют оба режима работы компьютера (включенное и выключенное состояние ПК при смене тысячелетия). Если часы ОС не прошли тесты для выключенного компьютера, это не означает, что операционная система не совместима с 2000 г., надо сначала попытаться обновить BIOS.

А если часы ОС не прошли тесты для включенного состояния ПК, это однозначно свидетельствует, что ОС не совместима с 2000 г. и надо переходить на ОС новой версии.

Следует иметь в виду, что когда говорят о совместимости ОС с «Проблемой 2000», то рассматриваются не только часы ОС, но и насколько утилиты (сервисные программы), входящие в ее состав, могут безошибочно работать с датами. Например, если в состав ОС входит программа резервного копирования файлов, не предназначенная для работы в XXI веке, то данная ОС не может считаться полностью совместимой с 2000 г.

Большинство ПК оснащены ОС компании Microsoft. По ее заявлению, все версии MS-DOS, до пятой включительно, не совместимы с «Проблемой 2000». Windows 3.x правильно работает с 2000 г., но некоторые важные приложения, в частности, «Диспетчер файлов» (File Manager), неверно обрабатывают даты (уже существуют дополнения для решения и этой проблемы).

ОС Windows 95 совместима с «Проблемой 2000», если ее устанавливали на «чистый» компьютер, а не в качестве обновления для Windows 3.x. Тем не менее ряд независимых тестов обнаружили несколько несовместимых приложений: после 2000 г. часть утилит может некорректно работать, например, «Поиск» (Find). Существует ряд исправлений, которые пользователи могут получить при помощи сети Internet на Web-сервере Microsoft. ОС Windows 98 полностью избавлена от «Проблемы 2000».

В конце концов, именно некорректно написанные приложения могут создать после 2000 г. проблемы. Если ОС не совместима с 2000 г., то все приложения, оперативно использующие даты, будут работать неверно (это календари, запускаемые по расписанию программы и т. д.). Даже если ОС в полном порядке, это не значит, что используемые приложения совместимы с 2000 г. Часто все оказывается наоборот. Дело в том, что очень многие программы хранят год в виде двух цифр. Проблема заключается в том, что программа эти цифры интерпретирует неправильно. Например, 2001 г. здесь будет представлен как 1-й год от Рождества Христова. Иногда приложения хранят год в виде четырех цифр, при этом год можно вводить в виде двух цифр, но недостающие цифры номера столетия будут подставляться некорректно (или не подставляться вовсе).

Политика разработчиков ПО по исправлению ошибок «Проблемы 2000» зависит от конкретной компании. Одни разработчики поставляют обновления бесплатно, в то время как другие — за деньги. К сожалению, некоторые приложения больше вообще не поддерживаются. В этом случае пользователю остается два выхода: менять программный продукт или мириться с его функциональной неполноценностью.

Как известно, самым распространенным программным продуктом для ПК является Microsoft Office. Только Office 97 полностью совместим с 2000 г. [3]. Программы MS Office 95 хранят год в виде четырех цифр, но некорректно обрабатывают год, заданный в виде двух цифр. В этой ситуации лучше всего воспользоваться исправлениями или обновить версию, так как более старые версии Office имеют значительные ошибки, и даже календари здесь работают неправильно.

Такими же недостатками страдает множество старых версий офисных приложений других компаний. В частности, распространенная в России система управления базами данных (СУБД) Paradox не справляется со сменой дат в 2000 г. до седьмой версии включительно, так же как и некоторые системные утилиты. В качестве примера можно назвать антивирусную программу Norton AntiVirus 2.0 компании Symantec.

А работа источников бесперебойного питания (UPS)? Компания APC поставляет программы управления PowerChute, не совместимые с «Проблемой 2000». Конечно, это не значит, что после 2000 г. UPS не будут функционировать. Но вот корректно работать по расписанию — совсем другой вопрос. Версия PowerChute для ОС NetWare, совместимая с 2000 г., готовится к выходу.

Все это неприятно, но не катастрофично, если только офисные или системные приложения не используются в составе систем управления, автоматизированного документирования и подобных. Многое зависит от конкретного назначения программных продуктов. При рассмотрении «Проблемы 2000» для навигационных систем очевидно, что проблемы, рассмотренные выше, в полной мере свойственны и для этих систем, основным элементом которых является ПК или встроенная система с часами RTC. Проблемы финансирования разработок в этой области вынуждали производителей систем использовать устаревшую элементную базу. Очевидно, что создатели специализированного ПО, разрабатывая алгоритмы для навигационных систем, не могли представить, что их разработки вызовут какие-либо проблемы на рубеже тысячелетий. В специализированных цифровых вычислительных комплексах (ЦВК) из-за экономии памяти и количества регистров для ввода даты, как правило, используются только две последние цифры года. Однако сбои и некорректные расчеты этих систем проявляются в достаточно специализированных задачах и в целом ряде случаев могут вообще не возникнуть.

Основной проблемой навигационных систем будет ПО, использующее дату непосредственно из часов RTC или BIOS. Например, ПО, которое разработано для выполнения специальных задач для системы автоматизированного управления движением судов в режиме реального, истинного времени, может получать значения дат и времени напрямую (минуя базовую систему ввода—вывода BIOS и системные часы соответственно) от часов RTC. Кроме того, что подобные системы из-за системных сбоев при переходе дат к 2000 г. могут провоцировать навигационные происшествия, они также будут неустойчиво функционировать и в дальнейшем. В частности, в любую из «критических» дат, связанных с некорректной работой RTC системы или календаря ОС [1]. В этом случае только обновление такого ПО или модернизация системы позволит решить «Проблему 2000» и избежать предпосылок к авариям со стороны систем управления. Системы автоматического документирования данных также должны быть протестированы во всех режимах при смене дат.

«Проблема 2000» со всей остротой проявляется при решении астронавигационных задач при помощи ЦВК навигационного комплекса или ПО для микрокалькулятора

«Электроника МК-52» (блок расширения памяти «Электроника—Астро»), рекомендованного для использования на кораблях ВМФ. При решении задач в этих вычислительных системах алгоритм расчета старшие цифры года принимает как 19. Кроме того, эфемериды светил нуждаются в корректировке. Таким образом, современная система автоматизации астрономических вычислений для штурманов кораблей может снова превратиться в длительные расчеты, таблицы и астрономические ежегодники, а ведь об этом еще многие не знают! Здесь лишь отчасти может помочь резервный интерполяционный алгоритм расчета на «МК-52» с использованием морского астрономического ежегодника.

В настоящее время Государственный научно-исследовательский навигационно-гидрографический институт (ГОСНИНГИ МО РФ) совместно с предприятиями промышленности и Институтом прикладной астрономии разрабатывает методики и способы решения «Проблемы 2000» в астрономических вычислениях. Недостатки финансирования значительно затрудняют проведение работ. Одна из проблем в работе возникает и по объективным причинам: ведь порой эти системы разрабатывали люди, уже не работающие на предприятии, а исходные коды программ давно потеряны. На разработку нового ПО для современных ОС, модернизацию или замену устаревших элементов систем требуются не только усилия программистов и других специалистов, но и значительное время. Кроме того, сложные системы содержат и продукты независимых производителей ПО, что еще более усугубляет проблему.

Связанные с негативным воздействием «Проблемы 2000» сбои/отказы часов RTC встроенных систем или взаимодействующих с ними базовой системы ввода-вывода BIOS, системных часов и/или программного обеспечения могут привести к выходу из строя оборудования и аппаратного обеспечения компьютерных, информационно-вычислительных и управляющих систем. Следовательно, необходимо выявить все оборудование и аппаратные средства, в которых могут присутствовать эти встроенные системы. Если существуют сомнения относительно какой-либо части оборудования или аппаратных средств, следует немедленно установить непосредственный контакт с поставщиком или фирмой-производителем для выяснения их технических характеристик.

Тестирование систем требует тщательной подготовки и должно проводиться после внимательного изучения последствий вероятного сбоя/отказа. По данным специалистов фирмы Gartner Group, крупные компании затратят на решение «Проблемы 2000» значительно больше денег в пересчете на один компьютер, чем мелкие организации.

В любом случае, каждой организации необходимо включить работы по тестированию и модернизации вычислительных систем в соответствующую программу по решению «Проблемы 2000» и запланировать под эти работы необходимые ресурсы.

Отказ или недостоверность расчетных данных в любой навигационной системе недопустимы, так как ее персонал не сможет устранить эту неисправность на месте. До 2000 г. осталось очень мало времени, и за это время надо сделать все, чтобы с первых дней 2000 г. наши системы не имели проблем в новом столетии.

Литература

1. Методические рекомендации по проведению тестирования компьютерных систем при решении «Проблемы 2000». Госкомсвязи РФ. М., 1999.
2. Компьютер-Информ. 1999. № 8.
3. *А. Колесов.* Проблема Y2K — мифы и реальность//PCWeek/RE. 24.08.98.
4. Информационные материалы сети Internet.

КОНФЕРЕНЦИЯ ПО МОРСКИМ ОБУЧАЮЩИМ ТРЕНАЖЕРАМ

В настоящее время Международная Морская Организация (IMO), регулирующая законодательство в мировом судоходстве, обеспокоена состоянием безопасности на море. В подавляющем большинстве случаев, как показывает анализ аварийности, основными причинами аварий и катастроф в море являются: недостаточная квалификация и опыт, неподготовленность к экстремальным ситуациям, недостаточный тренинг личного состава экипажей.

Стремление минимизировать влияние человеческого фактора на аварийность морского флота привело, в частности, к доработке Международного Кодекса по управлению безопасной эксплуатации судов и предотвращению загрязнения (МКУБ), вошедшего в состав Конвенции по подготовке и дипломированию моряков и несению вахты с поправками 1995 г. (ПДМНВ — 77/95).

Возросшие требования международных классификационных обществ к специалистам флота, наряду с сокращением финансирования плавательных практик и стажировок курсантов, требуют внедрения более эффективных средств обучения.

Выход из создавшегося положения может быть найден, например, в более широком использовании тренажерной техники для профессиональной подготовки моряков. Это позволит качественно отрабатывать и контролировать навыки курсантов и специалистов флота по морской практике как в учебных заведениях, так и в специализированных тренажерных центрах.

В связи с этим Государственная морская академия им. адмирала С. О. Макарова организовала и провела 25—27 мая 1999 г. Первую международную конференцию на тему «Морские обучающие тренажеры». Она была посвящена 150-летию со дня рождения адмирала С. О. Макарова.

Учредителями конференции наряду с ГМА были: Служба морского флота Министерства транспорта РФ, Российский Морской Регистр Судоходства, Институт проблем транспорта РАН, ЗАО «Транзас-Марин», Российская академия транспорта, ГУП НПО «Аврора» и др.

В работе конференции приняли участие 45 организаций, учебных заведений и тренажерных центов флота; 155 участников заслушали 59 докладов по следующим направлениям: теоретические основы построения тренажеров; методики обучения и опыт применения тренажеров; технические средства и компоновка тренажеров.

Среди участников конференции были преподаватели морских учебных заведений, представители фирм-разработчиков тренажеров, производители обучающих программ и автоматизированных учебных курсов, ведущие специалисты по научным методам синтеза математических моделей и алгоритмов функционирования, специалисты по автоматической оценке уровня и качества подготовки на технических средствах обучения.

По мнению участников, наиболее интересными и полезными для дальнейшей работы по тренажерной тематике были доклады: Н. А. Решетова (Российский Морской Регистр Судоходства, СПб.), А. А. Красовского и А. И. Наумова (Военный авиационный технический университет, Москва); В. Н. Корчанова и М. В. Наумова (ГУП НПО «Аврора», СПб.); С. С. Кургузова (ГМА им. адмирала С. О. Макарова, СПб.); А. Г. Валишина (Балтийский морской тренажерный центр, Калининград); Д. А. Скороходова (Институт проблем транспорта РАН, СПб.), В. А. Бедердинова (Академия военных наук, Сосновый Бор). Наиболее острую дискуссию вызвал доклад А. Г. Карпенко (морская администрация порта Санкт-Петербург).

По результатам работы конференции принято решение, в котором, в частности, отмечена необходимость разработки государственной программы по морскому тренажеростроению и обучению на тренажерах.

Вторую международную научно-техническую конференцию на тему «Морские обучающие тренажеры» намечено провести в 2000 г.

Контактные телефоны: (812) 217-43-16; 356-60-59.

(По материалам информационно-рекламного бюллетеня «Макаровец»)

МЕЖДУНАРОДНАЯ ПРАКТИКА ПОДДЕРЖКИ СУДОСТРОЕНИЯ

Т. А. Коледова, Д. А. Якушева (ГНЦ ЦНИИ им.академика А. Н. Крылова)

УДК 338.77:629.5

Судостроительная промышленность в силу своих специфических особенностей (длительные сроки постройки судов и большие капиталовложения, замораживаемые на период строительства), как правило, не может существовать без определенной государственной поддержки. Поэтому правительства различных стран оказывают экономическую помощь национальным верфям.

Главный ее смысл состоит в том, что правительственные гарантии кредитов и субсидии позволяют национальным верфям успешно конкурировать с верфями других стран за счет искусственно поддерживаемого низкого уровня процентных ставок.

Субсидирование кредитов началось с введения в Японии в 1958/1959 гг. системы финансирования экспортных заказов специально созданным Экспортно-импортным банком с целью поддержки нараставшей экспансии японской судостроительной промышленности. К середине 60-х годов кредиты в Японии достигли 80% со сроком выплаты в течение 8 — 10 лет при 5,5%-ных фиксированных ставках.

Примеру Японии последовали другие страны. Помощь государства судостроению особенно усилилась в середине 70-х годов, когда растущие производственные возможности верфей стали превышать спрос на новые суда. Появились страны, правительства которых активно помогали развивающемуся судостроению, например Южная Корея, Испания, Бразилия. В это время традиционные судостроительные государства защищали свое положение в мире с помощью субсидий и других мер. Эта тенденция продолжалась около 10 лет, пока кризисная ситуация, связанная с избытком производственных мощностей верфей мира, не заставила многие страны уменьшить финансовую поддержку и заключить международные соглашения об ограничении субсидий.

Правительственная помощь судостроительным компаниям осуществляется следующими способами: прямые субсидии, составляющие сегодня 7-9% контрактной цены судна; дешевые кредиты, ускоренная амортизация, налоговое регулирование (отсрочки, списания, безналоговые резервные фонды); правительственные заказы на постройку судов (торговых и военных); правительственное участие или национализация; списание правительством убытков и помощь в реконструкции судостроительных компаний; планы сдачи на слом и строительства новых судов; мораторий на возмещение долгов судовладельцев.

Менее очевидной, хотя и очень важной, является помощь, оказываемая путем принятия государством программ развития судостроения или научных исследований; составления расписания приоритетных грузов; введения особых условий для плавания судов в каботаже; субсидирования вспомогательных и обслуживающих отраслей промышленности, добычи сырья и производства материалов, бункерного топлива и оборудования.

Благоприятные кредитные условия оказывают существенное влияние на возможность получения заказа и широко используются для этих целей.

Судовладелец, намеревающийся заказать судно, требует возможно лучших кредитных условий, и многие судостроительные фирмы имеют специальные подразделения, разрабатывающие «пакеты кредитов». Они могут содержать, например, кредит покупателю, когда судовладелец берет кредит в банке; строительный кредит, когда кредитором является строитель судна; арендный кредит, когда арендатор субсидирует судовладельца, либо комбинацию этих кредитов.

В большинстве случаев правительственная помощь в финансировании строительства нового судна является только частью «кредитного пакета», но определяющей.

Вообще говоря, помощь может быть оказана верфи, которая использует ее для уменьшения цены, или покупателю, или при определенных обстоятельствах арендатору, который может получить заем на выгодных условиях и с низкими процентными ставками.

Наиболее популярным является правительственное финансирование в форме долгосрочных займов по фиксированным процентным ставкам. Они часто даются через государственные банки, но также и через коммерческие банки, которые дают займ по субсидированному проценту (сни-

женному) и получают баланс по рыночному проценту от правительства.

В некоторых странах налоговое регулирование осуществляется в формах списания части налогов, предоставления судостроителям возможности использования безналоговых резервных фондов и предоставления отсрочек налоговых платежей. Это позволяет компаниям увеличить чистую прибыль и помогает им выходить на рынок.

Как и другие «институты», обеспечивающие финансирование, правительство, прежде чем предоставить кредит, проводит анализ кредитоспособности и требует гарантий от того, кому дается кредит. Такие гарантии часто обеспечиваются посредством заклада судна, возможно, прямо фрахтователем или через арендаторов или посредников. Бывают обстоятельсва, когда правительство не требует гарантий (хотя бы временно) с тем, чтобы обеспечить верфи получение новых контрактов.

Займы на постройку судна часто предоставляют в различной валюте — в той, которую требует контракт или которая обычно используется покупателями. Это может оказать значительное влияние на условия покупки и на стоимость в определенной валюте.

С уменьшением объемов судостроения с середины 70-х годов государственная помощь верфям интенсифицировалась во всем мире, особенно в Западной Европе, наиболее подвергшейся кризису.

К концу 70-х годов правительства стран-членов ЕЭС тратили ежегодно по 1 млрд ф.ст. на помощь отрасли, а многие верфи стали государственными. Правительство Италии взяло под контроль 90% национального судостроения, организовав государственную компанию Italcantieri. Нидерланды были вынуждены национализировать предприятия, в Великобритании к 1977 г. стала государственной большая часть судостроительной промышленности. К 1978 г. 90% испанских верфей было национализировано, а к 1979 г. такая же часть судостроения Швеции находилась под контролем государства.

Увеличившаяся помощь государства привела к развитию новых способов ее предоставления, что дало возможность верфям в борьбе за заказы назначать очень низкие цены.

Падение спроса на судостроительном рынке побуждает конкурирующие страны облегчать условия кредитов — в этом случае возникает опасность развязывания «кредитной войны».

В последние годы широко распространяется мнение о необходимости уменьшения финансовой помощи промышленности. Это выражается в следующих формах.

Многие правительства и международные организации объявили о намерении сократить или прекратить такую помощь. Например, правительство Великобритании начало обширную приватизацию верфей, завершившуюся в 1988 г. Дания отменила налоговые скидки. Швеция отказала в дальнейшей финансовой помощи и вышла из судостроительного рынка. Япония уменьшила судостроительные мощности на 30%. Южная Корея, приняв в 1986 г. закон о развитии промышленности взамен закона о содействии судостроению 1967 г., заметно сократила объем вмешательства правительства в дела отрасли.

Некоторые судовладельцы обратились с просьбой к международному банковскому сообществу об ужесточении правил кредитования для того, чтобы предотвратить перепроизводство судов.

Банки сами теперь требуют другого подхода к кредитованию судоходства, понимая, что сверхфинансирование явилось ключевым фактором появления избытка тоннажа, приведшего к кризисам мирового судостроения в 70- и 80-е годы, и что финансовые учреждения могут столкнуться с существенными потерями в случае возникновения очередного кризисного избытка тоннажа.

Однако вопреки разным инициативам и намерениям субсидирование остается и, по-видимому, будет продолжаться в той или иной форме. Оно продолжается в Европе по социальным и стратегическим причинам. Китай субсидирует судостроение с тем, чтобы импортировать технологию и управленческие навыки, Польша — для получения иностранной валюты и т. д.

Страны, которые являются членами международных организаций, могут испытывать сильное внутреннее давление, которое вынуждает их нарушать правила. Последние примеры этого — финансовая помощь, предоставленная французским правительством своим судостроителям, чтобы они могли сохранить заказы Brittany Ferries, благоприятные условия, созданные верфям в Финляндии.

Правительства разных стран оказывают поддержку национальному судостроению и в рамках международных соглашений. Имеется целый ряд таких соглашений по регулированию степени оказываемой государствами помощи. Среди них — соглашения Организации по экономическому сотрудничеству и развитию (ОЭСР) и директивы Европейского Сообщества (ЕС).

С 1968 г. ОЭСР приняла несколько соглашений для упорядочения условий кредитования строительства судов и предотвращения положениях, когда заказчики предпочитают тех, кто предоставляет более благоприятные условия кредита, а не тех, кто обеспечивает наивысшее качество обслуживания и наилучший сервис.

С момента принятия первого **«Соглашения об экспортных кредитах на суда»** в него пять раз вносились поправки, касающиеся условий предоставления кредитов (таблица).

Год внесения поправки	Задаток (% от продажной цены)	Рассрочка кредита, лет	Годовой процент
1969	20	8	5,5
1970	20	8	6,0
1971	20	8	7,5
1974	30	7	8,0
1980	20	8,5	8,0

В результате в 1980 г. «Соглашение» установило следующие условия кредитования, которые действуют и сегодня: кредит должен составлять не более 80% контрактной цены судна; максимальный период выплаты, подкрепляемый правительственными гарантиями, — 8,5 лет с момента сдачи судна (10 лет — для

газовозов); выплата кредита и процентов должна производиться регулярно с 6-месячным интервалом (и не более, чем с 12-месячным); минимальная процентная ставка для кредита с правительственной гарантией должна составлять 8%, включая сборы за предоставление гарантии (обычно 0,5%).

Кроме того, участники «Соглашения» приняли систему защиты кредитов для иностранных покупателей от политических и других рисков.

ОЭСР требует, чтобы каждая страна объявляла о своих намерениях превысить установленные лимиты кредитов. Но часто имеют место нарушения — иногда вполне явные, иногда — более или менее скрытые. Поскольку принятые условия не имели обязательного характера, они игнорировались, например, правительствами, оказывающими помощь «развивающимся странам» при покупке судов на их верфях.

В 1988 г. США выступили с предложением принять международное соглашение о прекращении субсидирования судостроения. Результатом пятилетних переговоров об установлении обязательных ограничений на правительственную помощь стало **«Соглашение относительно нормальных условий конкуренции в коммерческом судостроении и судоремонте»**. В декабре 1994 г. в Париже был принят Заключительный акт о завершении переговоров по этому вопросу, и разработанное «Соглашение» было открыто для подписания и дальнейшей ратификации.

Суть «Соглашения» заключается в запрете прямых и косвенных субсидий судостроению, включая экспортные субсидии, гарантии кредитов, долевое участие правительства в капитале верфей, правительственные скидки на товары и услуги. Экономические аспекты «Соглашения» направлены на недопустимость продажи судов по ценам ниже стоимости их постройки. Для компенсации или предотвращения этого разработаны специальные меры защиты, такие как аннулирование цены, штрафные санкции и др.

«Соглашение» требует при строительстве судов соблюдения условий международной схемы кредитования, т.е. размер кредита должен быть не более 80% стоимости судна и на срок не свыше 12 лет.

Хотя «Соглашение» жестко ограничивает область правительственной помощи национальным верфям, субсидии могут быть предоставлены в виде гарантий кредитов на научные исследования и разработки, но не на внедрение их результатов в коммерческое производство. Субсидии в целом не должны превышать 25% проектной стоимости разработок, 35% проектной стоимости прикладных исследований и 50% проектной стоимости прикладных промышленных исследований.

В «Соглашении» имеются некоторые исключения. В частности, правительствам разрешается оказывать помощь судостроению в связи с сокращением производства, чтобы компенсировать затраты на высвобождение или переобучение персонала, а также на переориентацию верфи на другие виды работ. Так, Европейская комиссия ОЭСР подтвердила помощь в размере 480 млн дол. французской судостроительной промышленности на переобучение, а также на исследования и разработки в течение трех лет. Это было мотивировано необходимостью склонить правительство Франции к подписанию «Соглашения» ОЭСР. В случае несогласия Франции Европейское Сообщество не могло бы его подписать, и «Соглашение» в целом было бы сорвано. Продолжение субсидирования было разрешено и некоторым другим странам Европы, в том числе Испании (1400 млн дол. на три года), Португалии и Бельгии. И, наконец, вопреки сильной оппозиции Франции, американцы сохранили для себя требования Закона Джоунса и ряда других законов США о каботажном плавании, согласно которым суда, используемые во внутреннем и каботажном плавании в США, должны быть построены на верфях США.

К июню 1996 г. практически все страны ОЭСР завершили ратификацию «Соглашения». На сегодняшний день оно не ратифицировано только США, и перспективы этого весьма зыбки. Совет ЕС считает, что «Соглашение» находится под угрозой срыва без ратификации США.

Среди американских судостроителей нет единодушия относительно «Соглашения». Шесть крупнейших верфей, объединившихся в Судостроительную ассоциацию США, находятся в оппозиции, пытаясь сохранить существующие условия гарантий кредита по программе Title XI (кредит предоставляется в размере 87,5% цены судна со сроком погашения 25 лет). Ассоциация считает, что при сохранении этих условий верфи могли бы удержать от 3 до 5% мирового коммерческого рынка (30—40 судов в год). Одобрительно относятся к ратификации «Соглашения» верфи, оставшиеся в составе Совета судостроителей США (19 верфей и 25 поставщиков морского оборудования). Согласно официальным данным разница в позиции верфей объясняется тем, что менее крупные верфи и ранее не получали субсидий или значительных правительственных контрактов. А крупные верфи многие годы существовали за счет субсидий и военных заказов правительства. Соответственно, им требуется больше усилий и времени для того, чтобы выйти на коммерческий рынок и работать без правительственной поддержки.

Перед перспективой отмены субсидий многие верфи Европы оказались в трудном положении. Так, Fincantieri (Италия) вдвое сократила за последние годы число работников при одновременном увеличении объема производства. Astilleros Espanoles (Испания) находится в процессе реорганизации, также предполагающей сокращение рабочих мест в сочетании с новыми инвестициями. Существуют опасения, что отмена субсидий автоматически приведет к росту цен на суда. Единодушная реакция верфей Японии и Южной Кореи, которые суммарно владеют 60% мирового портфеля заказов, такова: «Соглашение» ОЭСР скорее поможет удержать уровень цен, чем вызовет их эскалацию.

Высказываются мнения, что успех «Соглашения» зависит от стабилизации производственных мощностей мирового судостроения. В то же время верфи Южной Кореи

продолжают расширяться и вкладывают средства в строительство предприятий за рубежом. Они не одиноки: новые производственные мощности введены в строй в бывшей Восточной Германии, Китае и ряде других стран. За пределами действия «Соглашения» остаются также страны, имеющие довольно сильную судостроительную промышленность: Китай, Россия, Украина, Хорватия, Польша, Румыния, Индия, Бразилия.

Ассоциация судостроителей Франции считает, что даже в случае ратификации «Соглашения» Конгрессом США вскоре встанет вопрос о новых переговорах в связи с преимуществами, получаемыми Южной Кореей, которая не является полноправным членом ОЭСР.

Если рассматривать возможность присоединения России к «Соглашению» ОЭСР, то, учитывая тяжелое экономическое положение российского судостроения, представляется целесообразным на данном этапе не принимать «Соглашение» в полном объеме: в таком виде оно является неприемлемым для торгового судостроения в связи с конверсионной перестройкой и модернизацией отрасли, следствием чего являются существенно худшие сегодня экономические показатели постройки судов на российских верфях по сравнению со странами ЕС. Подписание «Соглашения», очевидно, возможно лишь при определенных условиях, а именно: при разрешении не выполнять полностью условия «Соглашения» в течение не менее 10 лет после подписания; при выделении России квот по субсидиям; при наличии специальных мер по оказанию помощи в модернизации российских верфей. Указанные условия для России должны быть включены в приложения к «Соглашению», как это сделано для США, Испании, Португалии, Бельгии, Южной Кореи.

Однако было бы наивно думать, что «Соглашение» ОЭСР положит конец субсидиям полностью. Даже в период его ратификации правительства стран Европы продолжали субсидировать верфи.

Другими международными актами поддержки судостроения являются директивы ЕС.

В течение многих лет политика ЕС в области судостроения была сконцентрирована на стремлении создать такие условия, чтобы конкуренция среди ведущих судостроительных стран осуществлялась на честной, прозрачной и справедливой основе. Разработанные ЕС положения заложены в **«7-ю Директиву о помощи судостроению»** от 1990 г. Первоначально «Директива» предназначалась для использования в период до принятия «Соглашения» ОЭСР. Поэтому она содержит многие элементы политики, принятой в конце 70-х и середине 80-х годов в противовес невероятно трудным рыночным условиям, вызванным падением спроса на суда и быстрым ростом судостроительных производственных мощностей на Дальнем Востоке, что привело к нарушению баланса между спросом и предложением, а также к снижению цен.

По «Директиве» помощь производству, связанному с выполнением контракта на постройку и переоборудование судов (но не судоремонт), может быть гарантирована в размере, который соответствует разнице (до максимальной) между затратами самых конкурентоспособных верфей ЕС и рыночными ценами их основных конкурентов.

В соответствии с принципом снижения установленный «Директивой» потолок субсидирования, который составлял 28% контрактной цены судна, был постепенно уменьшен в настоящее время до 9 %.

Помощь производству в форме компенсации потерь допускается по «Директиве» в границах общепринятого размера. Это означает, что этот вид помощи возможен только в том случае, если верфь не получала помощи до разрешенного уровня.

Инвестиционная помощь может предоставляться только в рамках реструктуризации, не предусматривающей увеличение производственных мощностей.

Помощь при закрытии, являющаяся социальной компенсацией рабочим, допускается при условии, что сокращение производственных мощностей является подлинным и необратимым.

Помощь на исследования и разработки может быть предоставлена для проведения фундаментальных и прикладных исследований и разработок, если она соответствует правилам ЕС.

Перед лицом продолжающейся неопределенности относительно вступления в силу «Соглашения» ОЭСР Комиссия ЕС в конце 1997 г. одобрила новый подход к оказанию поддержки судостроению. Он должен помочь отрасли стать более конкурентоспособной.

Предполагается, что помощь производству, связанному с выполнением контракта, будет продолжаться в существующих пределах до конца текущего столетия. С 1 января 2001 г. единственным допустимым видом будут внутренние и экспортные кредиты в соответствии с правилами ОЭСР о кредитах на суда. Вводятся новые специальные правила при реструктуризации, основанные на принципе одноразовой помощи. Ключевым моментом при этом будет степень сокращения производственных мощностей, чтобы свести к минимуму отрицательное воздействие этого процесса.

В новом подходе сохраняется помощь при закрытии верфей, необходимая для смягчения социальных последствий для работников.

Комиссия ЕС полностью осознает роль, которую должна играть инвестиционная помощь, позволяющая верфям повысить их производительность и конкурентоспособность. Поэтому она должна быть разрешена и в дальнейшем.

В заключении следует подчеркнуть, что политика правительств в отношении к помощи судостроению зависит от политических, социальных, экономических и стратегических факторов. Одни страны открыто объявляют о субсидиях, другие — нет; некоторые дают финансовую поддержку только своим заказам, другие — и экспортным. Очевидно рассчитывать на то, что государственная помощь национальному судостроению прекратится, не приходится.

Свидетельством этому служат продолжающиеся затяжки с вступлением в силу «Соглашения» ОЭСР.

КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА

И. В. Горынин, академик РАН, **Ю. Л. Легостаев,** докт. техн.наук,
В. А. Малышевский, докт. техн.наук (ГНЦ ЦНИИ КМ «Прометей»)

УДК 669.017-419.8:629.563.2

Д. И. Менделеев одним из первых серьезно заинтересовался морской добычей нефти. При посещении Баку в 1863 г. им были высказаны идеи перевозки нефти в нефтеналивных судах, строительства нефтепровода—керосинопровода для транспортировки бакинской нефти к Черному морю, в Батуми. В декабре 1906 г. ученый писал: «Если мы победили твердыню гор, надо и льды побороть, а их у нас больше, чем у кого-нибудь. А около тех льдов и золота, и всякого иного добра — своя Америка».

Научное предвидение Д. И. Менделеева о перспективе морской добычи нефти уже в начале XX века было подтверждено на побережье Сахалина купцом Зотовым.

В середине 20-х годов в Каспийском море была организована промышленная добыча нефти морских стальных эстакад. Поэтому Россию по праву можно считать пионером в области добычи нефти на морском шельфе.

За рубежом первые шаги к морской добыче углеводородов были сделаны лишь в середине 50-х годов.

Развитие гидроэнергетики, атомной энергетики в 50-е годы породило иллюзию, что в ближайшем будущем можно будет резко сократить потребление углеводородов. Однако анализ баланса энерговыработки (рис. 1) показывает, что основным источником энергии является углеводородное топливо (нефть, газ и уголь).

Следует отметить, что новые виды энергии не изменили доминирующего положения углеводородных видов топлива в общем балансе вырабатываемой энергии. Ожидаемого бурного развития атомной энергетики не произошло, несмотря на то, что в некоторых странах ее доля превышает 50%. В целом долевое участие атомной энергетики с учетом энергетических затрат на транспорт в мире не превышает 10%.

В первой половине XXI века прогнозируется плавное повышение доли энерговыработки за счет неорганических видов топлива, но даже с учетом возможного начала освоения термоядерной энергии она не превысит 25% общей энерговыработки. Таким образом, можно с уверенностью констатировать, что и в XXI веке в балансе энерговыработки доминирующее положение будет занимать углеводородное топливо.

В 70-е годы ежегодное увеличение добычи нефти на материке уже не компенсировалось приростом разведываемых запасов. Правительство совместно с Академией наук разработало программы по созданию технических средств, способных вести разведку месторождений нефти и газа в море. Отечественные судостроители создали ряд плавучих сооружений для разведочного бурения на нефть и газ в море.

В этой работе непосредственное участие принимал ЦНИИ КМ «Прометей», перед которым была поставлена задача разработать новый класс высокопрочных свариваемых сталей и сварочных материалов, коррозионную защиту и системы, обеспечивающие функционирование морских полупогружных буровых установок при ветроволновых нагрузках. Совместно со специалистами Института электросварки им. Е. О. Патона и ЦНИИ черной металлургии на металлургических заводах Украины и России были освоены разработанные сотрудниками «Прометея» новые высокопрочные свариваемые без подогрева стали. Из этих марок изготовлено 12 самоподъемных буровых плавучих установок (СПБУ) типа «Каспий» и 10 полупогружных (ППБУ) типа «Шельф».

Геологическая разведка привела к открытию крупных месторождений углеводородов практически на всем морском шельфе нашей страны. Среди них Штокмановское газоконденсатное месторождение в Баренцевом море (запасы газа около 3 трлн м^3), Русановское и Ленинградское — в Карском море (оценочный ресурс природного газа около 4 трлн м^3), Пильтун-Астохское, Лунское, Аркутун-Даги, Чайвинское месторождения углеводородов на шельфе Сахалина (прогнозируемые запасы только нефти составляют 10 млрд т), Приразломное в Печорском море (70 млн т

нефти), а также ряд месторождений в Каспийском и других морях.

В конце 80-х годов институт приступил к разработке материалов для создания стационарных платформ, обеспечивающих добычу нефти и газа на морских месторождениях, в том числе на шельфе арктических морей и острова Сахалин. К этому времени на Западе морская добыча нефти проводилась в Мексиканском заливе и в акватории Северного моря. Это позволило ряду государств, в первую очередь Великобритании и Норвегии, выйти на мировом рынке из разряда потребителей углеводородов в экспортеры.

Сейчас доля нефти и газа в мировом топливно-энергетическом балансе составляет более 70%. Мировая нефтяная и газовая промышленность стоит перед неизбежностью поиска, обустройства и эксплуатации новых месторождений континентального шельфа с ежегодной добычей до 700 млн т нефти и 300 млрд м^3 газа. При этом доля морской нефти, добываемой в 45 странах, в мировом объеме добычи уже превысила 28% и в перспективе должна возрасти до 45—65%.

Российская Федерация обладает самым обширным в мире шельфом, составляющим почти 22% общей площади шельфа Мирового океана, причем 70% российского морского шельфа перспективны на нефть и газ. В соответствии с геологическими данными, на этой территории разведаны около 56 млрд т и прогнозируются дополнительно 100—140 млрд т нефтегазовых ресурсов (в нефтяном эквиваленте). Если учесть, что месторождения углеводородов в Северном море в ближайшие 10 лет будут выработаны, освоение российских морских месторождений становится весьма привлекательным для иностранных инвесторов.

Однако большая часть российского шельфа находится в замерзающих морях. Поэтому России ничего другого не остается, как интенсивно развивать средства и методы разведки, обустройства и эксплуатации морских месторождений нефти и газа в ледовых условиях.

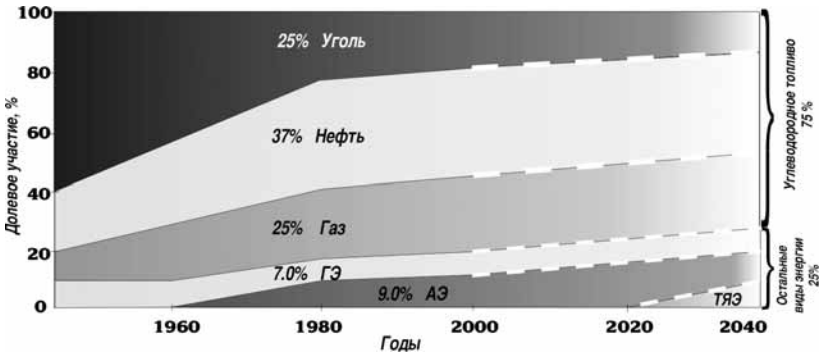


Рис. 1 Мировой баланс энергии

Новая серия хладостойких высокопрочных свариваемых сталей. Анализ показывает, что условия эксплуатации морских стационарных платформ на нефтяных и газовых месторождениях на шельфе России и за рубежом сильно различаются по температуре, наличию ледовых полей и их влиянию, сейсмическому воздействию, в то время как параметры волновых нагрузок схожи (таблица). На рис. 2 дана прогнозная оценка потребности в XXI веке в различных конструкционных материалах. Как видно из представленных данных, основным материалом остается сталь, но для решения возникающих проблем возрастет потребление титана, качественно новых полимерных материалов и композитов.

В судостроении, наряду с традиционными конструкционными материалами, найдет применение качественно новый железобетон — стальбетон, в котором бетон будет заливаться в сварную конструкцию. Для предотвращения растрескивания в арктических условиях бетон будет защищен от контакта с морской водой и льдом стальной обшивкой.

При создании ледостойких платформ выбор конструкционного материала определяется: результатами расчета конструкций на прочность, степенью нагруженности узлов и их ответственности; особенностями эксплуатации (воздействие ледовых полей, низкие температуры, сейсмодинамические нагрузки, коррозионно-активная среда, в том числе в хранилищах сырой нефти, конденсата и др.); необходимой технологичностью (особенно свариваемостью) стали на всех этапах строительства платформ; требованиями предотвратить усталостное разрушение сварных конструкций в ходе эксплуатации; экономичностью материала при соблюдении технологичности и надежности конструкции платформы в процессе эксплуатации.

По характеру воздействия внешних условий конструкция опорного блока может быть разделена на три части: нижнее основание, ледовый пояс и верхняя часть опорного блока. Основание испытывает циклические изгибные и перерезывающие нагрузки, создаваемые внешними воздействиями, и постоянные осевые статические нагрузки (до 450—600 кН), возникающие за счет веса верхнего строения и оборудования. Эта часть конструкции опорного блока эксплуатируется при температуре не ниже –2 °С и подвергается коррозии в морской воде и в морском грунте, а в ряде случаев и биологическому обрастанию.

На ледовый пояс приходятся наиболее высокие сосредоточенные циклические динамические нагрузки из-за воздействия ледовых полей, ветра и волн, а также постоянные статические осевые нагрузки. Эта часть опорного блока эксплуатируется при низких температурах (от –2 до –40 °С), поэтому существует опасность хрупкого разрушения металла, его коррозионно-эрозионного износа.

Верхняя часть конструкции опорного блока в зимний период не только сильно охлаждается (до –40 °С), но и подвергается различным циклическим и статическим нагрузкам. Поэтому к стали и сварным соеди-

Внешние условия эксплуатации морских стационарных платформ

Условия эксплуатации	Месторождения			
	в Северном море	на канадском шельфе в море Бофорта	Штокмановское и Приразломное в арктических морях	Лунское, Пильтун-Астохское, Аркутун-Даги на шельфе Сахалина
Минимальная температура, °С	– 10	– 37	– 40	– 40
Максимальная высота волны, м	До 20	До 10	10—19	До 18
Ледовые поля:	Нет			
толщина ровного льда, м		Многолетний лед	До 1,2 (Приразломное)	До 1,5
максимальная высота торосов (консолидированный лед), м			До 3,5 (Приразломное)	До 4
период воздействия льда		Эпизодические подвижки в осенне-весенний период	Постоянные подвижки	Постоянные подвижки
скорость движения льда, м/с			До 1,2	До 1,0
истирающее воздействие ледового поля за сезон, км		Незначительное	До 9000	До 7000
Айсберги	Нет	Нет	До 1 млн т; скорость движения 0,2 м/с (Штокмановское)	Стамухи
Сейсмическая активность:	Нет	Нет		
балльность по шкале Рихтера			Нет	8—9
ускорение, *g*				0,4

нениям предъявляются особые требования по обеспечению их хладостойкости и циклической долговечности.

При эксплуатации на морских месторождениях Сахалина опорный блок и платформа могут испытывать и сейсмодинамические нагрузки от возможных землетрясений интенсивностью 8—9 баллов по шкале Рихтера, в связи с чем выбранные на стадии проектирования материалы должны обладать высокой сопротивляемостью к воздействию динамических нагрузок.

Особое внимание следует уделять технологичности строительства и монтажа конструкций платформы. Учитывая кратковременность безледового летнего периода с благоприятными ветроволновыми условиями для установки платформы на месте добычи и большой объем сварочных работ, при строительстве платформ требуются стали, не нуждающиеся в подогреве в процессе сварки.

Исходя из перечисленных требований, при создании новых марок стали предстояло решить ряд научных проблем: разработать систему легирования свариваемых высокопрочных марок стали; определить основные принципы формирования структуры стали, требования к металлургическому качеству; предложить технологию металлургического производства и освоить новые марки стали на российских предприятиях в условиях рыночных отношений и дефицита топливно-энергетических и минерально-сырьевых ресурсов; провести комплекс испытаний, подтверждающих работоспособность новых марок стали, их технологичность; получить от классификационных обществ свидетельства о соответствии свойств новых марок стали международным нормативам и аттестовать их производство на металлургических заводах.

Исследования показали, что высокая прочность, пластичность и вязкие свойства стали при низких температурах, определяющие ее хладостойкость, зависят от морфологии структуры стали, получаемой при закалке, процессов, протекающих при отпуске, и металлургического качества стали.

Изучив связь между структурой стали, получаемой в ходе превращения переохлажденного аустенита, и ее свойствами, удалось установить, что, чем ниже температура, тем меньше размер зерна продуктов превращения и тем дисперснее выделяющиеся фазы. Когда температура превращения снижается, эффект твердорастворного упрочнения, как и прочность стали, повышается. Если необходимо достичь максимальной хладостойкости для стали ферритного класса, используется механизм твердорастворного упрочнения и полностью исключается эффект вторичного твердения за счет образования карбидов и специальных интерметаллидов. В этом случае целесообразно легировать сталь только элементами со сферической конфигурацией электронов, ослабляющих ковалентные жесткие связи, обеспечить мелкое аустенитное зерно и стабильность γ-фазы, чтобы получить при закалке структуры дислокационного мартенсита. В такой стали должно быть максимально снижено содержание углерода,

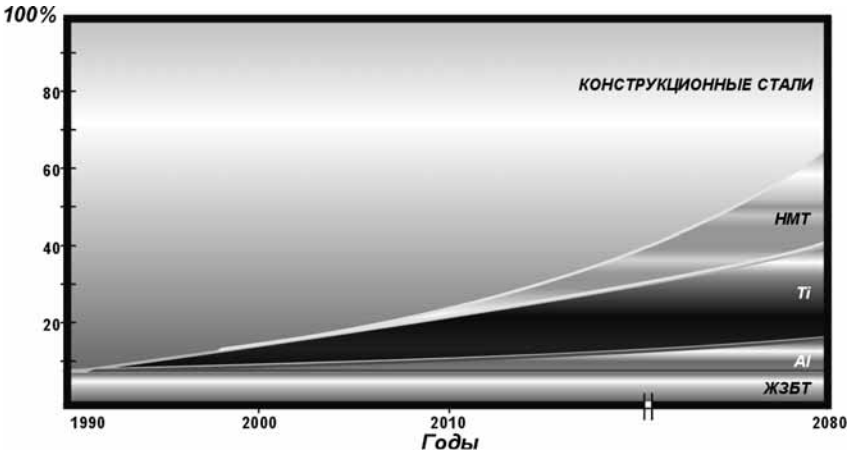


Рис. 2. **Прогнозная оценка потребности в различных конструкционных материалах в XXI веке.** ЖЗБТ — железобетон; Al — алюминиевые сплавы; НМТ — неметаллические материалы; Ti — титановые сплавы

сведено к минимуму содержание карбидов, не допускается образование специальных карбидов и интерметаллидов из легирующих элементов.

Форма карбидов и их количество оказывают важное влияние на пластические и вязкие свойства. Изучение изломов образцов, испытанных на удар, свидетельствует, что пластинчатые карбиды, как и неметаллические включения, растрескиваясь, инициируют хрупкое разрушение. Учитывая специфическое влияние карбидов на сопротивление стали хрупкому разрушению, в нее нецелесообразно вводить в больших количествах сильные карбидообразующие элементы. Уменьшая их содержание, можно получить наиболее благоприятную форму карбидов в улучшаемой стали. Образующиеся в этом случае карбиды цементитного типа легко коагулируют. Благодаря глобулярной форме они в меньшей степени служат концентраторами напряжений, что способствует росту пластичности и вязкости стали.

Наиболее высокого уровня прочности, пластических и вязких свойств можно достичь при закалке стали с исходным мелким аустенитным зерном на структуру дислокационного мартенсита. При отпуске стали в мартенсите проходят процессы фрагментации реек с образованием однородной субзеренной структуры и коагуляция карбидов.

Исследования при нагреве и охлаждении влияния легирующих элементов на полиморфное $\alpha \leftrightarrows \gamma$ превращение низколегированной низкоуглеродистой стали позволили установить закономерности положения критических точек при нагреве, определить при охлаждении путем построения термокинетических диаграмм граничные условия образования различных структурных составляющих.

Разработанные принципы легирования и выявленные количественные зависимости между содержанием легирующих элементов и комплексом физико-механических и технологических свойств позволили в итоге создать серию новых композиций легирования высокопрочных свариваемых хладостойких марок стали, обеспечивающих предел текучести от 390 до 690 Н/мм^2 в толщинах от 10 до 130 мм. Новизна композиций легирования всех разработанных высокопрочных свариваемых марок стали подтверждена отечественными и зарубежными патентами.

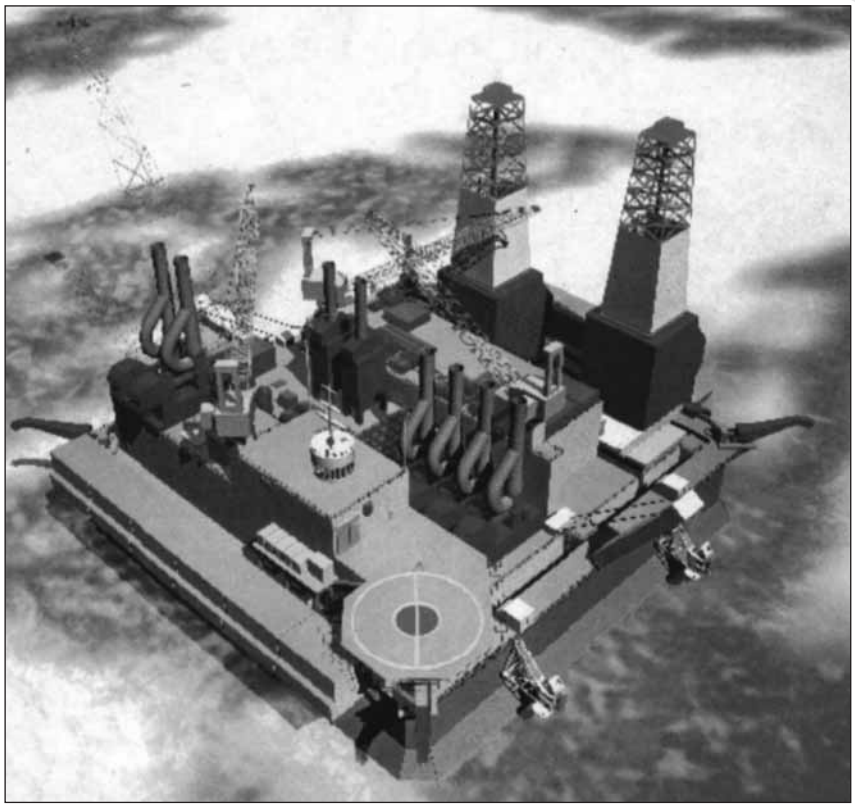


Рис. 3. **Платформа для нефтяного месторождения «Приразломное». Заказчик — российская компания по освоению шельфа «Росшельф». Завод-строитель — ГУП «ПО "Севмаш"».** Основные характеристики: глубина моря — 20 м; ледяные поля толщиной — до 2,5 м; основные размерения опорной части (L x B x H) — 126 x 126 x 35м; суточная добыча — 16 900 т; для опорного блока платформы требуется высокопрочная свариваемая сталь — 80 тыс. т

В качестве производителей стали были выбраны Череповецкий металлургический комбинат (в настоящее время ОАО «Северсталь») и Ижорский завод (ныне АООТ «Ижорские заводы»). Первый имеет полностью замкнутый металлургический цикл, работает на чистых кольских рудах и концентратах, производит высокого качества чугун — исходное сырье для дальнейшего передела. Кроме того, на «Северстали» — современное сталеплавильное производство с внепечным рафинированием и модернизированное прокатное производство. Ижорский завод — один из основных поставщиков специальных марок стали. Он имеет сталеплавильные мощности с внепечным рафинированием (ASEA-SKF), прокатный стан «5000», необходимое термическое и плавильное оборудование и современную аппаратуру для контроля качества листового проката. На базе этих предприятий освоены разработанные в ЦНИИ КМ «Прометей» хладостойкие марки стали, производство которых аттестовано Российским Морским Регистром Судоходства.

В 1995 г. начато строительство морской ледостойкой платформы «Приразломная» (рис.3), самоподъемной буровой плавучей разведочной платформы «Арктическая» (в арктическом исполнении). В 1996—1997 гг. для них поставлено около 25 тыс. т хладостойкой стали.

Защита от коррозионно-эрозионного износа. Богатейший опыт, накопленный в России при эксплуатации судов в высоких широтах Арктики, подтверждает, что природа не прощает ошибок при выборе материалов и оценке воз-

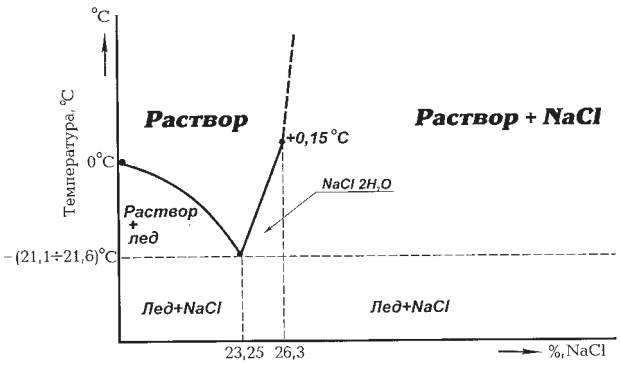


Рис. 4. **Политерма растворимости в системе $NaCl—H_2O$**

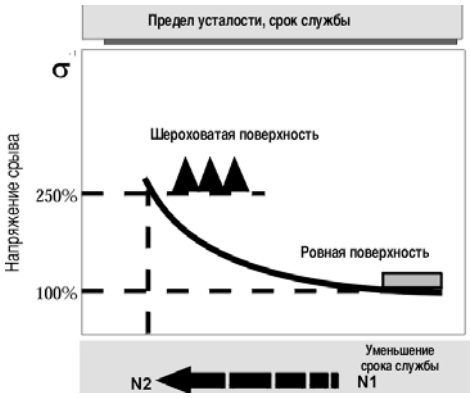


Рис. 5. **Снижение срока службы морской ледостойкой платформы в движущихся однолетних льдах**

действия внешних условий на конструкции. Создавая в 50-е годы первый атомный ледокол, мы многого не знали о свойствах льда и его коррозионно-эрозионном влиянии на обшивку корпуса, не была известна и физическая природа взаимодействия льда с обшивкой в зимний период. В связи с этим ледоколы преждевременно выходили из строя при эксплуатации.

Первые серьезные исследования взаимодействия стальных корпусов ледоколов с движущимся в морской воде льдом были проведены сотрудниками ЦНИИ КМ «Прометей» в 70-х годах. Тогда возникла проблема снижения ледопроходимости атомных ледоколов более чем на 30% из-за увеличения шероховатости подводной части корпуса, вызванной интенсивными коррозионными процессами. Существовавшие в то время средства защиты от коррозии были малоэффективными. Электрохимические, физические и коррозионные исследования, выполненные в лабораторных условиях и в двух ледовых экспедициях на атомном ледоколе «Арктика», а также анализ многочисленных данных о механизме разлома льдов при их взаимодействии между собой и с металлом обнаружили ряд явлений, которые оказали решающее влияние на понимание природы интенсивного коррозионного износа корпусов судов в ледовых условиях.

Прежде всего следует отметить, что физические свойства морского льда достаточно неоднородны, что подтверждено изучением ледового покрова в районе станции «Северный полюс-22». Было установлено, что лед менее соленый, чем морская вода. Максимальная соленость (от 10 до 18%) характерна для однолетних зимних льдов, в многолетних она снижается почти до нуля. В межкристаллитных прослойках льда содержится концентрированный рассол солей эвтектического состава. Он образуется только в молодых однолетних льдах в условиях быстрого замерзания при достаточно низких температурах, т. е. в зимний период (рис. 4). Поэтому молодые однолетние льды оказывают наиболее сильное коррозионное воздействие на стальные конструкции. Опреснение многолетних льдов и их меньшая коррозионная активность обусловлены тем, что рассол вытекает из льда при температуре выше эвтектической (–24 °С), особенно в летние месяцы.

При взаимодействии в зимних условиях однолетнего льда с металлом под давлением происходит вытеснение рассола из льда, стальная конструкция находится как бы в жидкости, соленость которой гораздо выше равновесной. Это приводит к язвенному характеру коррозии и некоторому смещению потенциала коррозии стали в отрицательную сторону от стационарного значения. Кроме того, морской лед обладает довольно высокой твердостью, которая увеличивается с понижением температуры (от 30% твердости алмаза при –15 °С до 40% при –30 °С). Поэтому нельзя исключить чисто механическое действие льда на металл, которое приводит к его зачистке от продуктов коррозии, смещению потенциала в отрицательную сторону от стационарного и, следовательно, к ускорению процесса коррозии. Поскольку столкновения льда с металлом хаотичны, усиливается неравномерность коррозии.

Во время научно-исследовательской экспедиции на атомном ледоколе «Арктика» было подтверждено смещение потенциала коррозии в отрицательную сторону, а также обнаружено, что при разломе льдов возникают мощные электрические поля, интенсивность которых достигает в молодых зимних льдах 50 кВ/м (средняя напряженность естественного электрического поля Земли 100—200 В/м). Этим полям, как установили сотрудники Ленинградского гидрометеорологического института, сопутствует ряд физических процессов — искровой разряд, эмиссия быстрых электронов, рентгеновское излучение. Они существенно активизируют коррозию металла в контактной зоне. Так, плотность импульсов тока в микроразрядах может быть 10^{-2}—10^{-1} А/см^2. При разряде на металлическую поверхность отдельные электронные пучки, эмитированные развивающимися во льдах трещинами, приводят к появлению до 10—100 тыс. мелких кратеров. Их число увеличивается по мере роста пробивного напряжения. Электромагнитное излучение было также зафиксировано в 1981 г. при воздействии однолетних льдов (соленость 8—10%) на носовую часть буровой установки в Печорской губе.

Если бы вся поверхность корпусной конструкции находилась под влиянием разрушающих токов

указанной величины, то скорость коррозионного износа стали была бы, как минимум, в 100 раз выше ее обычной скорости в морской воде. Однако микроразряды происходят нерегулярно, распределяются случайным образом по большой поверхности, что, вероятно, и приводит к язвенному типу коррозии с острыми кромками. При схлопывании зоны разряда возможны кавитационные явления.

Таким образом, при столкновении с льдами корпуса судов и буровых установок, изготовленные из низколегированных сталей, подвергаются интенсивной язвенной коррозии, шероховатость их поверхности увеличивается, усиливая воздействие льда на металл. Если на стальную обшивку судов одновременно действуют морская вода и движущиеся льды, скорость коррозии возрастает более чем в 10 раз, изменяется ее характер с равномерного на язвенный, что вызывает рост ледовых нагрузок на конструкцию. Этот факт был подтвержден испытаниями в ледовом бассейне. Высокая шероховатость поверхности, вызывая рост нагрузок срыва движущихся ледовых полей, существенно снижает циклическую прочность конструкций (рис. 5).

В Академии наук создана специальная программа, направленная на разработку мероприятий по борьбе с коррозионно-эрозионным явлением, резко снижающим ледопроходимость и технико-экономические показатели эксплуатации судов (повышение расхода топлива, форсирование работы энергетических установок и др.) и в ряде случаев приводившим к аварийным ситуациям судов из-за потери ледопроходимости ведущего ледокола. Наряду с изучением электрохимической природы коррозионно-эрозионного износа конструкций в движущихся льдах, осуществлялось обследование судов ледового плавания и атомных ледоколов непосредственно в Арктике с целью установления характера коррозии различных корпусных материалов, проверки предлагаемых мер борьбы с ней и определения наиболее коррозионно-стойкого материала. Специалисты ЦНИИ КМ «Прометей» обнаружили, что подводная часть корпусов ледоколов (независимо от марки стали, из которой они изготовлены) подвергается сплошной неравномерной коррозии язвенного характера с острыми выступами (рис. 6). Особенно острые и глубокие язвы (2—4 мм) наблюдаются на ледовом поясе всех типов ледоколов. На атомных ледоколах, работающих в более жестких условиях в зимний период, коррозионные поражения появляются уже через одну—две навигации (через 6 мес работы во льдах). В ходе дальнейшей эксплуатации ледоколов наблюдаемое утонение листов обшивки достигает в среднем 2 мм/год, причем язвенный характер коррозионных поражений (в виде терки) сохраняется, что приводит к налипанию льда на корпус и усилению ледового сопротивления.

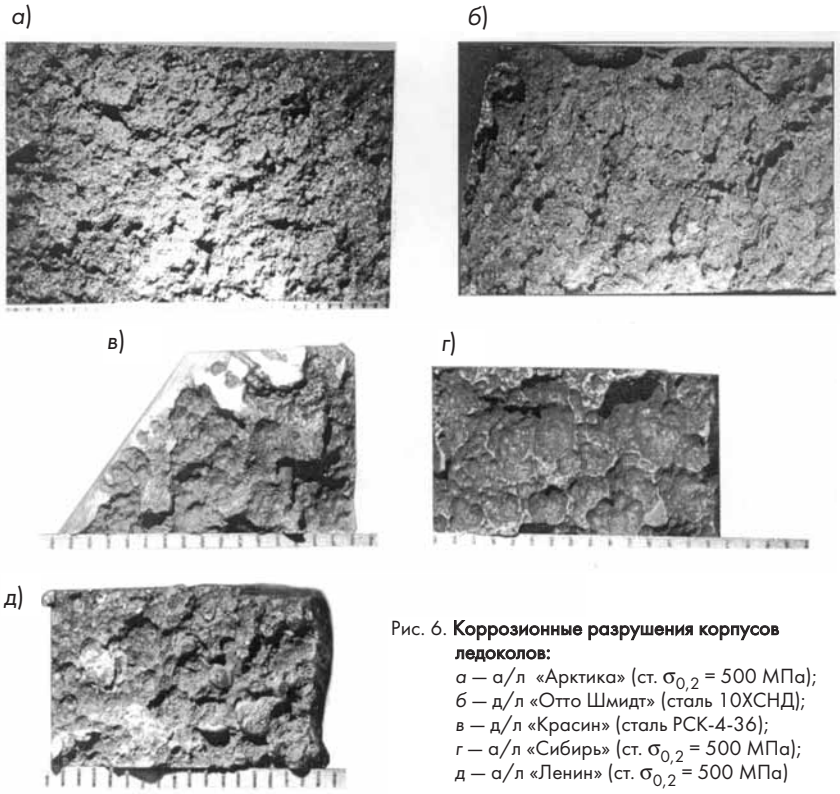


Рис. 6. **Коррозионные разрушения корпусов ледоколов:**
а — а/л «Арктика» (ст. $\sigma_{0,2}$ = 500 МПа);
б — д/л «Отто Шмидт» (сталь 10ХСНД);
в — д/л «Красин» (сталь РСК-4-36);
г — а/л «Сибирь» (ст. $\sigma_{0,2}$ = 500 МПа);
д — а/л «Ленин» (ст. $\sigma_{0,2}$ = 500 МПа)

Обследование коррозионного состояния дизельных ледоколов, осуществляющих проводку судов во льдах толщиной до 1,2 м со скоростью от 2 до 4 уз, и судов ледового плавания, корпуса которых изготовлены из различных марок сталей, показало, что характер коррозионного износа аналогичен износу на атомных ледоколах. Язвочки с острыми кромками глубиной 1—3 мм образуются на обшивке корпусов через 3—4 года эксплуатации. Скорость утонения обшивки составляет 1—2 мм/год. Особенно высокий коррозионный износ наблюдается в местах сварных швов и технологических приварок. Так, на ледоколах «Ермак» и «Красин» после 4—5 лет эксплуатации подварке подлежало более чем 1000 м сварных швов, несмотря на то, что применялись легированные никелем сварные электроды и краска «Инерта 160» на эпоксидной основе. Коррозионные язвы и канавки имели глубину до 8 мм. На наружной обшивке ледокола «Отто Шмидт» по линиям приварки внутреннего набора и технологических прихваток была обнаружена канавочная коррозия глубиной до 3,5 мм (сталь 10ХСНД) и 4 мм (сталь 09Г2).

Исследование сварных швов и зон приварок набора подтвердило известное положение о том, что неоднородность структуры металла, возникающая при сварке, усиливает коррозионно-эрозионные процессы. Им более подвержены сварные швы и зоны воздействия термического цикла сварки, при этом коррозия, как правило, имеет язвенный характер. Нашел подтвер-

ждение и другой известный факт: низколегированные судокорпусные стали (независимо от различий в химическом составе) по коррозионной стойкости в морской воде практически не отличаются друг от друга. Скорость коррозии низколегированных термоулучшенных марок стали в морской воде составляет примерно 0,1 мм/год, имеет в основном равномерный характер и протекает при потенциалах 0,38—0,42 В (по нормальному водородному электроду). Поэтому выбор стали для морских судов определяется не их коррозионной стойкостью, а прежде всего прочностью, пластичностью, вязкостью при низких температурах, свариваемостью и технологичностью.

В то же время наличие в морской воде достаточно большого количества хлоридов (около 19 г/л) способствуют образованию язв. Установлено, что стали с повышенным содержанием марганца (09Г2) более склонны к язвенной коррозии. По этим причинам корпуса большинства типов судов, изготовленных из низколегированных сталей, имеют лакокрасочные покрытия и электрохимические (протекторные) средства защиты от коррозии, которые восстанавливаются по мере разрушения при доковании судов. На подводной части стационарных морских сооружений не всегда можно восстановить средства защиты от коррозии. В этом случае обычно дают запас толщины стальной конструкции на коррозионный износ, исходя из скорости ее утонения 0,1 мм/год. При более высоких скоростях коррозии, которые ожидаются на ледостойких платформах в ледовой зоне, такой способ защиты экономически не оправдан, и здесь требуются другие решения.

Известно, что нержавеющие стали, содержащие более 12% хрома, благодаря образующейся на их поверхности пассивной пленке не склонны к общей коррозии в морской воде. Однако под воздействием хлоридов они подвергаются питинговой коррозии, поэтому могут использоваться в морской воде, только если находятся под электрохимической защитой. Увеличение скорости движения морской воды усиливает пассивность нержавеющей стали, затрудняя процесс питинговой коррозии. Учитывая это, сотрудники «Прометея» разработали для ледовых поясов атомных ледоколов специальную плакированную сталь. Одновременно на Череповецком металлургическом комбинате была создана принципиально новая высокопроизводительная технология плакирования стали.

В 1984 г. листы плакированной стали были вварены в ледовые пояса атомных ледоколов «Сибирь» и «Арктика». Осмотр ледоколов в 1987—1989 гг. не выявил коррозионно-эрозионных повреждений за время эксплуатации в высокопрочных льдах и походов к Северному полюсу. Для подводной части корпуса ледоколов, как и морских платформ, создана система электрохимической защиты от коррозии. Она будет полностью реализована на атомном ледоколе «50 лет Победы». Предполагается, что эта система защиты обеспечит ресурс эксплуатации ледостойких морских платформ без ремонта в течение 25—30 лет. Основания для такого предположения следующие: нержавеющий слой плакированной стали не подвержен специфической коррозии в ледовых условиях, что подтверждено арктическими испытаниями; нержавеющий слой плакированной стали не будет подвергаться питинговой коррозии в морской воде, так как он защищен подводной частью корпуса платформы, изготовленной из низколегированной стали; при использовании катодной защиты для подводной части коррозия не будет усиливаться от контакта низколегированной стали с плакирующим покрытием нержавеющей сталью ледового пояса; необходим запас толщины металла на коррозионный износ, если невозможно возобновить лакокрасочные покрытия или протекторную защиту на подводной части морских платформ, причем достаточно увеличить толщину конструкции на несколько миллиметров, если скорость коррозии не превышает 0,1 мм/год.

Разработанные технические решения нашли применение на строящихся и проектирующихся ледоколах и ледостойких морских платформах.

Плакированные стали с пределом текучести от 315 до 620 Н/мм^2 (по основному слою) прошли проверку на работоспособность и технологичность по программе Российского Морского Регистра Судоходства и международным программам. Сталь имеет высокую прочность сцепления основного и плакирующего слоя (не менее 355 Н/мм^2). Как показали испытания на технологический загиб, динамический подрыв сварных щитов, отрыв плакированного слоя при растяжении сварных образцов, плакированная сталь не отличается от гомогенных марок. На Всемирном салоне изобретений, научных исследований и промышленных инноваций «Брюссель-Эврика, 95» плакированные стали, созданные в России, отмечены золотой медалью.

Заключение. Учитывая, что в общем балансе потребляемой в XXI веке энергии около 75% будет покрываться за счет потребления углеводородов, их извлечение на месторождениях отечественного шельфа становится для России одной из приоритетных задач. В связи с крайне тяжелыми климатическими, ледовыми, сейсмическими и ветроволновыми условиями работы на месторождениях, задача освоения российского шельфа на нефть и газ представляется исключительно сложной проблемой, не имеющей аналогов в мире. Ее решение потребует создания и освоения производства широкого спектра материалов, которые должны отвечать требованиям, предъявляемым условиями строительства и эксплуатации морских инженерно-гидротехнических сооружений. Учитывая, что применяемые материалы для создания материалоемких морских инженерно-гидротехнических сооружений в значительной степени определяют финансовые затраты по их созданию, необходима целенаправленная комплексная программа по разработке и аттестации надзорными классификационными органами существующих материалов на их соответствие предъявляемым требованиям.

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ В СУДОСТРОЕНИИ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ МАЛОГО ДИАМЕТРА ДЛЯ СВАРКИ НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

Л. В. Грищенко, канд. техн. наук, **М. Г. Шарапов, канд. техн. наук, Р. В. Бишоков** (ГНЦ ЦНИИ КМ «Прометей»)

УДК 621.791.753

Строительство первых в России уникальных стационарных буровых платформ для освоения месторождений углеводородного топлива на шельфе северных морей потребовало создания сварочных материалов, обеспечивающих высокое качество сварных соединений при длительной (до 50—60 лет) эксплуатации в условиях низких температур, знакопеременных нагрузок, истирающего воздействия паковых льдов и коррозионной морской среды.

Как показывает мировой опыт, данная проблема может быть решена за счет современных прогрессивных методов сварки, в частности, с применением порошковой проволоки малого диаметра — 1,2—1,6 мм, обеспечивающей высокое качество швов при механизированной сварке во всех пространственных положениях, что невозможно при сварке порошковой проволокой диаметром 2 мм и более, производство которой освоено в России [1].

Применение порошковой проволоки малого диаметра также повышает качество швов, увеличивает производительность в 2,5—3 раза по сравнению с ручной сваркой покрытыми электродами и исключает зачистку поверхности шва и околошовной зоны от чешуйчатости и брызг. Кроме того, улучшается экологическая обстановка при сварке: вредные аэрозоли, в частности, фтористые соединения, которые применяются в электродах, полностью исключаются, а общее количество аэрозолей уменьшается в 2—3 раза [2].

В настоящее время для проведения сварочных работ при строительстве плавучих и стационарных буровых установок, танкеров, судов ледового плавания судостроительные предприятия из–за отсутствия отечественной проволоки малого диаметра вынуждены приобретать порошковые сварочные проволоки за рубежом по сравнительно высоким ценам.

В СССР порошковые проволоки разрабатывались с 60-х годов в ИЭС им. Патона. Промышленностью выпускаются проволоки больших (до 2,2 мм) диаметров. В настоящее время в России разработкой порошковых проволок малого диаметра занимается ЦНИИ КМ «Прометей».

В зарубежном судостроении порошковая проволока находит самое широкое применение. В некоторых странах, например, в Германии и Финляндии, объем ее применения достигает 60—80% всех присадочных материалов. Если до 70-х годов в мировой практике производилась проволока в основном диаметром 2,4 мм, то в последние годы до 85% от общего производства составляет проволока диаметром 1,2—1,6 мм. При этом предпочтение отдается проволоке диаметром 1,2 мм, в особенности для сварки в пространственных положениях, отличных от нижнего.

В России до последнего времени производство порошковой проволоки малого диаметра отсутствовало, хотя потребность в ней нарастает и удовлетворяется за счет импортных поставок. В промышленных масштабах порошковая проволока диаметром 2,2 мм и более изготавливается ОАО «Череповецкий сталепрокатный завод» и «Магнитогорский метизно-металлургический завод».

В ОАО «ЧСПЗ» в составе электродного цеха имеется участок порошковой проволоки мощностью 6 тыс. т в год. Заводом освоено изготовление около 10 марок проволоки, среди которых имеются двухслойная и самозащитная. В настоящее время осваивается производство проволок малого диаметра, разрабатываемых ЦНИИ КМ «Прометей» [1].

Порошковая проволока классифицируется по следующим основным признакам: способ защиты зоны дуги; технология изготовления проволоки; конструкция оболочки; тип шлаковой системы наполнителя.

По способу защиты порошковые проволоки делятся на самозащитные и газозащитные [3—5]. Самозащитная порошковая проволока является одним из наиболее универсальных материалов для механизированной электродуговой сварки в монтажных и заводских условиях. Использование углекислого газа для дополнительной защиты зоны дуги (газозащитная порошковая проволока) в сочетании с активным воздействием на металлургические процессы композиции шлака позволяет достигать весьма высокого качества металла шва и сварного соединения [6].

Основными методами изготовления порошковой проволоки являются холодное волочение и прокатка. Многие зарубежные фирмы-производители используют прокатку, что резко повышает производительность, уменьшает или полностью исключает смазку по-

Таблица 1

Характеристики порошковых сварочных проволок

Марка проволоки, фирма-производитель	$\sigma_т$, Н/мм^2	$\sigma_в$, Н/мм^2	Удлинение, %	Работа удара KV (–20 °С), Дж	Стоимость, дол./кг (по данным потребителей)
TUBROD 15.15 ESAB/10	520	560	26	70	4,5—5,0
SF-71 NITTETSU (HYUNDAI)	540	590	28	80	3,0—3,5
PZ6113 FILARC	420	510—590	22	54	5,0—6,0
48ПП-8Н ЦНИИ КМ «Прометей» ОАО «ЧСПЗ»	500	580	26	70	2,2
ППс-ТМВ7 СП «ТМВЕЛДТЕК»	440	580	24	60	2,7—3,0

Таблица 2

Содержание водорода в наплавленном металле при трех измерениях

Марка проволоки	Содержание водорода, $см^3$	Среднее значение, $см^3$
SF 71	4,06	
	3,68	3,73
	3,47	
PZ 6113	2,17	
	2,55	2,62
	3,15	
48ПП-8Н	4,23	
	4,14	4,33

верхности проволоки, позволяет обойтись без последующей ее очистки и в итоге удешевляет процесс изготовления.

По конструкции оболочки порошковая проволока делится на трубчатую и ленточную. К основным достоинствам трубчатой проволоки следует отнести герметичность оболочки, исключающую увлажнение, окисление и высыпание шихты. Кроме того, оболочка позволяет производить высокотемпературную обработку, а при необходимости — электрохимическую и механическую обработку поверхности. Однако эта конструкция обладает рядом крупных недостатков: высокий коэффициент заполнения $K_з$, равный 30%, затрудняет изготовление проволоки диаметром 1,2 мм и менее; уменьшить $K_з$ можно только путем увеличения толщины трубки (опыт показывает, что использование заготовки с диаметром отверстия менее 5 мм приводит к резкому ухудшению процесса набивки трубки шихтой); процесс заполнения трубки шихтой осуществляется на специальных установках и основан на эффекте увеличения текучести порошков под действием высокочастотной вибрации, а это трудоемкий и низкотехнологичный процесс [4].

Как показывает мировой опыт, ленточный вариант изготовления порошковой проволоки, несмотря на определенные недостатки ее конструкции, является более эффективным и технологичным при изготовлении и применении.

В зависимости от назначения различают несколько типов шлаковых систем, применяемых в качестве наполнителя порошковой проволоки для сварки в среде защитного газа (CO_2 или смесь CO_2 + Ar): рутиловая (кислый тип); рутил-флюоритная (смешанный тип); основной тип.

Порошковые проволоки с рутиловым наполнителем обладают хорошими сварочно-технологическими свойствами. Проволоки с рутил-флюоритовым и с основным типом сердечника позволяют получать высокие механические свойства металла шва при низком содержании в нем неметаллических включений и водорода. Однако они уступают рутиловым проволокам по сварочно-технологическим свойствам [3—6].

За рубежом широкое распространение получила ленточная проволока, так как у нее отсутствуют недостатки, присущие трубчатой. Современный уровень производства позволяет обеспечить герметичность стыка ленточной проволоки и недопустить попадания в стык смазки.

Таким образом, для механизированной сварки в CO_2 сталей повышенной прочности порошковая проволока должна быть ленточной с сердечником рутилового типа.

В настоящее время в ЦНИИ КМ «Прометей» создана низколегированная порошковая проволока рутилового типа марки 48ПП-8Н диаметром 1,2—1,6 мм для сварки во всех пространственных положениях конструкций из сталей повышенной прочности. Она выпускается ОАО «ЧСПЗ» и аттестована Российским Морским Регистром Судоходства на категорию 3Y40MSHH.

В табл. 1 представлены данные по механическим свойствам металла шва сварных соединений, выполненных порошковыми проволоками зарубежных фирм и применяемых в настоящее время в судостроительной промышленности России, и отечественной порошковой проволокой. Как видно из табл. 1, проволока 48ПП-8Н при более низкой стоимости не уступает, а по некоторым позициям и превосходит зарубежные аналоги. По сварочно-технологическим свойствам она вплотную приблизилась к продукции ведущих зарубежных фирм. Сейчас идет активное внедрение этого сварочного материала на отечественных предприятиях — ГУП «Адмиралтейские верфи», ОАО «Балтийский завод» и др.

В табл. 2 приведены данные по содержанию водорода в наплавленном металле для проволок фирм HYUNDAI, FILARC и ЦНИИ КМ «Прометей». Испытания, выполненные по спиртовому методу на ГУП «Адмиралтейские верфи», показали, что проволока 48ПП-8Н дает содержание водорода в наплавленном металле немного выше, чем зарубежные аналоги.

Таким образом, отечественная порошковая проволока 48ПП-8Н вполне способна конкурировать с продукцией зарубежных фирм как по цене, так и по качеству. Ее массовые поставки в готовом к использованию виде на кассетах позволят вытеснить с российских предприятий зарубежные аналоги.

Литература

1. Разработка и освоение изготовления на предприятиях России порошковой проволоки малых диаметров. Металлургия сварки и сварочные материалы/*А. В. Баранов, А. П. Барышников, М. Г. Шарапов и др.*//Сборник докладов «Петровские чтения». СПб ГТУ. 1998.
2. Некоторые технико-экономические аспекты производства низколегированной порошковой проволоки малого диаметра для судостроения/*А. В. Баранов, Л. В. Грищенко, Я. Н. Киселев, М. Г. Шарапов*//СПб СПБИА, ЛАС, ЦПНТО судостр. им. акад. А. Н. Крылова СПБ НТО энерг. и электротехн. 1997.
3. *Походня И. К., Суптель А. М. и др.* Порошковая проволока для электродуговой сварки. Киев: Наукова Думка, 1980.
4. *Иоффе И. С., Ханапетов М. В.* Сварка порошковой проволокой. М.: Высш. школа, 1986.
5. *Петров Г. П.* Сварочные материалы. Л.: Машиностроение, 1972.
6. Металлургические и технологические проблемы сварки порошковой проволокой//*Под ред. И. К. Походни.* Киев: Наукова Думка, 1986.

ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ СУДОСТРОИТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Г. И. Николаев, докт. хим. наук, **Н. А. Панфилов**, канд. техн. наук
(ГНЦ ЦНИИ КМ «Прометей»)

УДК 629.5.024:678.067.5

Несмотря на то, что в общем объеме судостроительных конструкционных материалов доля полимерных композитов невелика, высокая удельная прочность, коррозионная стойкость, хорошие электро-, звуко- и теплоизоляционные свойства, простота переработки этих материалов сделали их незаменимыми при создании ряда ответственных судостроительных конструкций. Использование одной тонны таких материалов в судостроении в среднем экономит 2—3 т легированных сталей и сплавов, высвобождает одного работающего, позволяет в 1,5—2 раза снизить расходы электроэнергии и в 2—3 раза уменьшить эксплуатационные расходы.

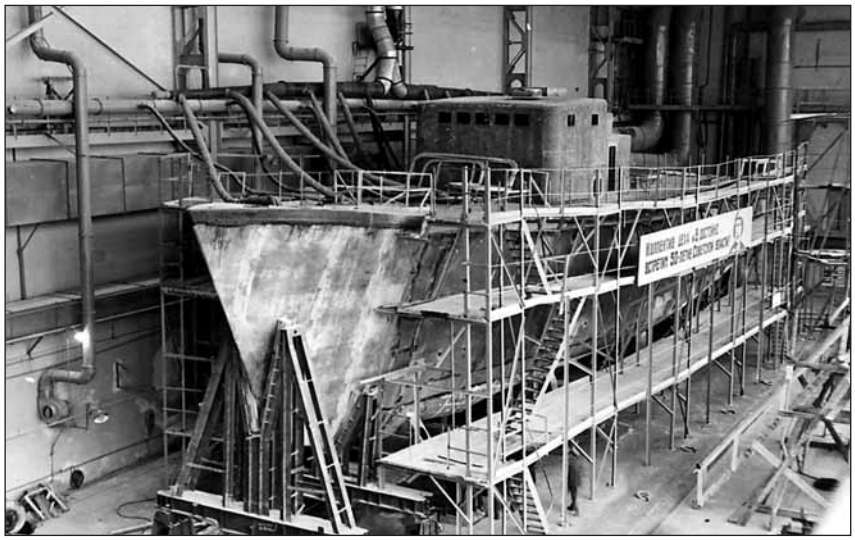
Полимерные и композиционные материалы, применяемые в судостроении, удовлетворяют следующим основным требованиям: способны в течение 20 лет воспринимать эксплуатационные нагрузки, в том числе длительные и циклические, в условиях постоянного контакта с морской водой и на воздухе при температуре от –40 °С до +50 ^{0}С; без специальных средств защиты обеспечивают условия обитаемости в течение всего срока эксплуатации конструкций; возможно применение в крупногабаритных конструкциях; оценка свойств на образцах и неразрушающими методами контроля адекватна фактическому уровню свойств и соответствует требованиям технических условий.

Основой определения свойств полимерных композиционных материалов судостроительного назначения является комплекс из 30 стандартов, разработанных по результатам многолетних исследований. Стандарты позволили установить рациональные размеры и форму образцов, вскрыть значительные резервы прочности анизотропных материалов — отдельные показатели прочности оказываются на 40—50% выше аналогичных характеристик, определяемых по международным стандартам для изотропных пластмасс. Практическое использование комплекса стандартов дало возможность более обоснованно назначать запасы прочности конструкций, снизить их массу, а также расход материалов и стоимость изготовления конструкций.

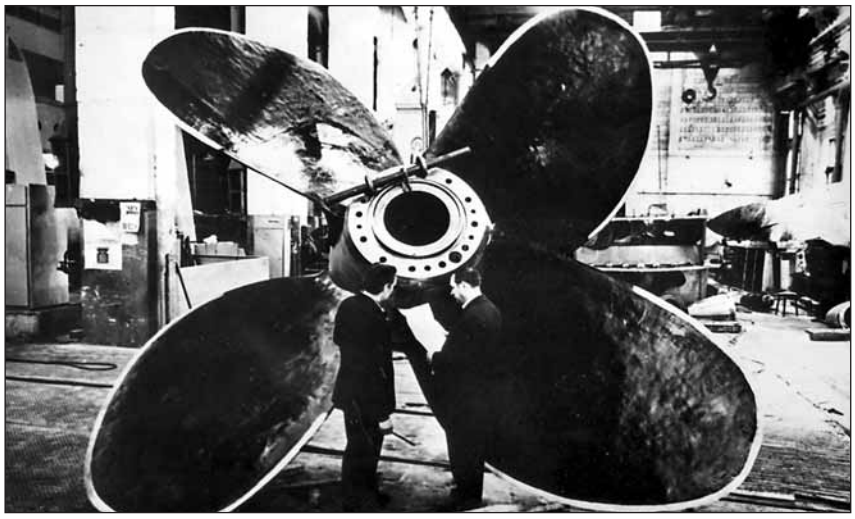
Корректность используемых методов подтверждена 35-летним опытом безаварийной эксплуатации судов водоизмещением до 300 т с корпусами из стеклопластика.

Наибольшее применение в пластмассовом судостроении находят малотоксичные конструкционные стеклопластики на основе бесстирольных полиэфирных смол (табл. 1).

В процессе работ по созданию судов с корпусами из стеклопластика были решены важные материаловедческие проблемы: проведена замена стирола с сохранением требуемой вязкости и активности полиэфирной смолы при низких температурах, что позволило снизить мощность вентиляционных систем производственных цехов более чем в 20 раз; разработаны составы гидрофобно-адгезионной обработки стеклотка-



Корпус корабля противоминной обороны из стеклопластика в процессе постройки



Гребной винт из стеклопластика диаметром 6 м для танкера

Натурная модель прочного корпуса глубоководного аппарата из намоточного стеклопластика в процессе сборки

ни и обеспечена стабильность свойств материала при длительной эксплуатации в воде; изучены процессы диффузии летучих компонентов связующего в материале и разработаны режимы его термообработки, обеспечивающие требуемые условия обитаемости в течение не менее 10 лет.

К настоящему времени построено большое количество таких судов водоизмещением от 60 до 300 т. Доля стеклопластика в конструкции их корпусов доходит до 90%, его физико-механические характеристики превосходят зарубежные аналоги, а многолетняя эксплуатация показала практическое постоянство упругих и прочностных свойств. С учетом этого предприятиями отрасли разработаны конструкции корпусов судов водоизмещением до 1000 т, более легкие на 25—30%, чем известные зарубежные аналоги.

Полиэфирные стеклопластики находят также широкое применение при изготовлении конструкций судов на воздушной подушке и подводных крыльях: насадок воздушных винтов диаметром до 8 м, стабилизаторов, рулей, закрылков.

Создан и успешно применяется эпоксидный стеклопластик горячего отверждения марки СТЭТ (табл.2). Из такого материала для кораблей на воздушной подушке серийно изготавливаются лопатки воздушных нагнетателей, что позволяет снизить трудоемкость и стоимость в 3 раза, массу в 1,5 раза, расход материалов в 5 раз и одновременно вдвое увеличить ресурс

Баллон воздуха высокого давления (40 МПа), емкостью 400 л после испытания на глубине 5000 м

их работы. Стабильные механические и диэлектрические свойства стеклопластика марки СТЭТ позволяют успешно использовать его в конструкциях радиопрозрачных обтекателей навигационного оборудования гражданских и рыбопромысловых судов, а также для изготовления судовых гребных винтов диаметром до 6 м.

Для исключения масляной смазки узлов забортных механизмов и перехода на смазку морской водой применяются подшипники скольжения из углепластика марки УГЭТ и ФУТ, выдерживающие давление до 40 МПа. Это позволяет увеличить ресурс работы узлов трения в 1,5—3 раза.

Практически решен вопрос об использовании стеклопластика в конструкции безнаборных балластных цистерн и деталей наружных корпусов обитаемых подводных аппаратов. Такие конструкции успешно эксплуатируются многие годы.

Одним из направлений в области создания подводных аппаратов для больших глубин является разработка новых составов сферопластика, так называемой «синтактной пены», без которых достижение глубин 4000—6000 м прак-

Таблица 1

Свойства конструкционных (полиэфирных) стеклопластиков

Наименование	Плотность, т/м^3	Модуль упругости, МПа	Предел прочности, МПа		
			Изгиб	Сжатие	Растяжение
Малотоксичный бесстирольный стеклопластик	1,7	$1,85 \cdot 10^4$	390	300	365
Огнестойкий бесстирольный стеклопластик	1,5	$2,0 \cdot 10^4$	410	290	380
Бесстирольный стеклосферопластик	1,0	$1,0 \cdot 10^4$	140	130	150

Таблица 2

Свойства специальных полимерных композиционных материалов

Наименование	Плотность, т/м^3	Модуль упругости, МПа	Предел прочности, МПа		
			Изгиб	Сжатие	Растяжение
Прессовочный стеклопластик СТЭТ	2,0	$3,0 \cdot 10^4$	550	700	600
Намоточный стеклопластик в составе шпангоута	2,2	$6,5 \cdot 10^4$	1500	1200	1200
Намоточный стеклопластик в составе обшивки	2,0	$3,5 \cdot 10^4$	650	600	—
Сферопластик для блоков плавучести	0,6	$0,25 \cdot 10^4$	40	1200*	30
Антифрикционный углепластик УГЭТ	1,4	$1,6 \cdot 10^4$	350	250	300

* Гидростатическое сжатие.

тически невозможно. В настоящее время для аппаратов с глубиной погружения 6000 м созданы материалы плотностью 0,6 т/м^3. В процессе исследовательских работ решены важные научно-технические проблемы в области матричных, армирующих материалов и отверждающих систем, снижающих экзотермический нагрев композита в крупногабаритных блоках объемом до 10 м^3.

Другим перспективным направлением в создании прочных корпусов необитаемых и обитаемых подводных аппаратов с глубиной погружения до 2000 м является применение намоточного стеклопластика. В настоящее время такой материал практически прошел стадию отработки на крупномасштабных отсеках. Решены вопросы обитаемости, пожаробезопасности и стабильности свойств материала в изделиях массой до 17 т. Разработанная теория, методы математического моделирования и оптимизации режимов термообработки толстостенных элементов корпуса из композиционных материалов позволили поднять относительную (δ/R) толщину «бездефектных» цилиндрических оболочек в пять раз (от 7 до 35%).

Из такого стеклопластика методом намотки изготавливаются также сферические корпуса с относительным весом 0,8, выдерживающие внешнее гидростатическое давление до 85 МПа. Завершены исследования, изготовлены и испытаны опытные образцы баллонов воздуха высокого давления из стеклопластика на давление 40 МПа, опорных колец генераторов большой мощности, емкостей объемом до 25 м^3 для хранения агрессивных сред и других изделий ответственного назначения.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТИТАНА И ЛЕГКИХ СПЛАВОВ В СУДОСТРОЕНИИ

(научно-историческая ретроспектива)

С. С. Ушков, докт. техн. наук, **А. С. Кудрявцев**, канд. техн. наук, **Э. А. Карасев** (ЦНИИ КМ «Прометей»)

УДК 669.295:629.5

Абсолютная коррозионная стойкость титана во многих агрессивных средах, низкий удельный вес, высокие удельная прочность и сопротивление мало- и многоцикловым нагрузкам, хорошая свариваемость сплавов с различным уровнем прочности, отсутствие хладноломкости, немагнитность, радиационная стойкость и ряд других факторов сделали титан и его сплавы наиболее перспективным материалом, определившем прогресс во многих областях современной техники XX века и дальнейшую перспективу его применения в XXI веке.

Создание и развитие производства слитков. Титан, открытый в 1789 г. в виде двуокиси, из-за его высокого сродства к кислороду удалось получить в чистом виде только в 1940 г., после того как Кролль разработал процесс получения титановой губки путем восстановления четыреххлористого титана магнием [1, 2]. Этот процесс до настоящего времени является основой промышленного получения губчатого титана — исходного сырья для изготовления слитков титановых сплавов.

В 1953—1956 гг. работы по титану на стадии научных исследований и опытно-промышленного производства проводились в ВИАМ, ГИРЕДМЕТ, ЦНИИ КМ «Прометей», Ступинском металлургическом комбинате, Подольском и Запорожском химико-металлургических заводах, Верхнесалдинском заводе по обработке цветных металлов (ныне ОАО ВСМПО).

На основании большого количества научных исследований ЦНИИ КМ «Прометей» предложил для производства слитков использовать вакуумную дуговую плавку в медном водоохлаждаемом кристаллизаторе [3], а ВИАМ совместно со Ступинским заводом разработал метод получения прессованного расходуемого электрода через конусную проходную пресс-форму[1].

Были исследованы процессы горения электрической дуги в вакууме, влияние величины разрежения на степень рафинирования металла, температурные условия при вакуумном дуговом переплаве, распределение легирующих элементов по объему слитков и теоретически обоснованы основные параметры технологического процесса плавки (степень разрежения, параметры электрического режима плавки, соотношение между диаметрами кристаллизатора и расходуемого электрода, параметры магнитного поля соленоида, параметры порционного легирования расходуемых электродов) [4—6].

Это, по сравнению с другими инженерными решениями, позволило упростить переход к промышленному производству слитков. Были разработаны концепция технологического процесса вакуумной дуговой плавки и основные параметры плавильных печей, конструкция которых легла в основу последующих конструкций промышленных печей различной емкости и назначения. Основное производство слитков и полуфабрикатов титановых сплавов базировалось на Верхнесалдинском заводе, имеющем вакуумно-дуговые печи для выплавки слитков диаметром 320—370 мм и массой 300—500 кг.

Анализ отечественного титанового производства показал, что существующие и производимые промышленностью сплавы, а также масса и объемы выплавляемых слитков и изготавливаемых полуфабрикатов (листовой прокат, поковки, штамповки и пр.) не могут удовлетворять запросы судостроения. Поэтому были разработаны технология производства слитков массой до 10 т, специальные «морские» сплавы, создано необходимое специализированное оборудование, а также увеличен выпуск губчатого титана для выплавки слитков общей массой до 10—15 тыс. т в год только для судостроения, освоено производство легирующих компонентов и лигатур [7—9].

В 1971 г. на Верхнесалдинском заводе был создан новый комплекс по производству слитков

[1] А. с. 107911 [СССР]. Способ получения расходуемых электродов через конусную проходную пресс-форму/Авт. изобрет. С. Г. Глазунов, Е. И. Морозов и др.

титана. Это явилось значительным прогрессом отечественной металлургии. Взамен малопроизводительных печей ДСВ-5 с малым отношением длины слитка к диаметру цех оснастили специально разработанными ВНИИЭТО печами со съемно-откатным кристаллизатором серии ДТВ (ДТВ-6,5Г6; ДТВ-8,7Г10; ДТВ-10Г10) для выплавки слитков длиной до 5 м и массой соответственно 6, 8 и 10 т (рис. 1). Это позволило расширить номенклатуру выплавляемых слитков и производимых полуфабрикатов.

На ранних стадиях производства при ультразвуковом контроле слитков и листового проката были выявлены внутренние дефекты, что явилось неожиданностью, так как считалось, что при вакуумно-дуговой плавке из-за высоких температур в зоне горения дуги и повышенной реакционной способности титана создаются благоприятные условия для растворения компонентов как на торце расходуемого электрода, так и в объеме жидкой ванны.

Проведенные ЦНИИ КМ «Прометей», ВСМПО и ВИЛС исследования всех видов выявленных внутренних дефектов в полуфабрикатах и искусственное их воспроизведение в лабораторных условиях позволили определить природу этих дефектов и классифицировать их на три основные группы: вносимые шихтовыми материалами; относящиеся к условиям плавления и кристаллизации слитка; связанные с подготовительными операциями электродов к переплаву [10, 11].

На основании этих работ были проведены организационно-технические и технологические мероприятия по совершенствованию технологического процесса на всех стадиях, что позволило практически избавиться от внутренних дефектов.

Исследования металла полуфабрикатов показали значительное колебание уровня механических свойств и сравнительно низкий уровень пластичности и ударной вязкости. Это было связано, главным образом, с недостаточно высоким качеством титановой губки, которая значительно уступала мировым стандартам. ЦНИИ КМ «Прометей», ВСМПО и ВИЛС был поставлен вопрос о необходимости повышения качества губчатого титана; было подготовлено постановление правительства, согласно которому требовалось в кратчайшие сроки обеспечить резкий подъем научно-технического уровня и объема производства высококачественного губчатого титана.

Рис. 1. **Титановый слиток массой 10 т на фоне плавильных печей**

Эту задачу успешно решили Запорожский (ЗТМК) и Березниковский (БТМК) титано-магниевые комбинаты совместно с научными коллективами ВАМИ и ГИРЕДМЕТа. Были созданы высококачественные сорта титановой губки с твердостью 90—100 ед. НВ с пониженным в 2—3 раза содержанием примесей (Fe ≤ 0,06%; O_2 ≤ 0,04%, N_2 ≤ 0,02%; Si ≤ 0,01; C ≤ 0,03%) [12, 13]. В настоящее время качество губчатого титана, выпускаемого отечественной промышленностью, выше мирового [14].

Снижение содержания примесей в титановой губке привело к повышению вязкости и пластичности сплавов, устранению внутренних дефектов в полуфабрикатах и дало возможность получить на ее основе ряд новых высокопрочных сплавов, попытки создания которых на губке прежнего качества к успеху не приводили.

Разработка титановых сплавов для судостроения началась одновременно с освоением выплавки слитков из титана и продолжалась в ходе становления титановой промышленности. По мере совершенствования производства шихтовых материалов, слитков и полуфабрикатов накапливались новые данные, расширялись представления и углублялись научные знания о титане как новом конструкционном материале.

Сложность создания сплавов титана морского назначения связана с необходимостью сочетания в них, казалось бы, взаимоисключающих свойств: достаточно высокой прочности, удовлетворительных характеристик пластичности, высокой коррозионной стойкости, сопротивления распространению трещины в морской воде, хорошей свариваемости, технологичности.

На основе изучения особенностей титана [15, 16] коллективом ЦНИИ КМ «Прометей» разработана научно обоснованная теория создания сплавов титана для использования в морских условиях. На основе этой теории создана серия специализированных сплавов: корпусные — ПТ-3В, 17, 5В, 37 с уровнем прочности от 600 до 800 МПа; машиностроительные — 3М, ПТ-3В, 19; трубные — ПТ-1М, ПТ-7М, ПТ3В; литейные — ТЛ3, ТЛ5, ТЛ7 и сплавы для сварочной проволоки ПТ-1М, 2В.

Создание и развитие производства титановых полуфабрикатов для судостроения также прошло сложный путь, начавшись одновременно с разработкой сплавов и освоением производства слитков. Верхнесалдинский завод — изготовитель слитков — к концу 1961 г. — началу 1962 г. начал выплавлять слитки массой 2—4 т. Однако на заводе отсутствовало оборудование для передела таких слитков в полуфабрикаты, поскольку он специализировался на изготовлении полуфабрикатов из сплавов на алюминиевой и медной основе. Вследствие особенностей физико-химических свойств титана и его сплавов требовались более мощное оборудование, более высокие температуры предварительного нагрева металла, защита металла от окисления в процессе технологических нагревов; необходимо было удалять газонасыщенный (альфированный) слой и др.

Был выполнен критический анализ возможностей оборудования металлургических предприятий различных отраслей промышленности. Разработка композиций сплавов и технологии изготовления полуфабрикатов из них проводилась параллельно в условиях огра-

ниченной информации о теплофизических и технологических свойствах сплавов, поведении сплавов при нагреве в промышленных печах, об особенностях формирования структуры металла, о зависимости свойств металла от условий вакуумной дуговой плавки, обработки давлением, термической обработки и др.

Освоение производства крупногабаритного листового проката начали на Ижорском заводе (стан 4000) и заводах Украины (на стане 4500 Мариупольского завода им. Ильича, на станах 2800 и 2250 Алчевского металлургического завода).

Цилиндрический слиток неудобен для листового проката. Для превращения слитка в сляб на первых порах использовали метод свободной ковки на прессах, что приводило к значительным отходам металла и повышенной трудоемкости при последующей механической обработке. Следующим шагом стало изготовление слябов методом штамповки на Ижорском заводе и ВСМПО. В дальнейшем на Ижорском заводе и КМЗ было освоено производство листового проката из цилиндрических слитков и прокатка слябов на блюминг-слябинге КМЗ.

Для защиты слитков и слябов от газонасыщения при высокотемпературных нагревах были разработаны различные технологии и оборудование для их реализации, в том числе алитирование методом окунания в ванну с жидким алюминием и методом газопламенной металлизации, покрытие эмалями с подслоением алюминия, нагрев в вакуумных индукционных печах и печах электросопротивления. Созданы специализированные участки вакуумного нагрева слитков и слябов на Ижорском заводе и КМЗ (на станах 2800 и 2250). Разработаны технологии горячей и теплой правки (на прессе и роликоправочных машинах), термической обработки крупногабаритного листового проката в садочных печах с выкатным подом и в проходных печах с роликовым подом.

Особое внимание уделялось вопросам гарантированного удаления хрупкого газонасыщенного поверхностного слоя, созданию технологии и оборудования для машинной сплошной абразивной зачистки поверхности листов с равномерным по площади съемом металла и специализированных правильно-зачистных участков, мероприятиям по снижению наводороживания в процессе производства и т. д.

Рис. 2. **Прокатный стан 5000 в процессе изготовления листа**

В результате был освоен промышленный выпуск листового проката толщиной от 0,3 до 160 мм, шириной до 2500 мм, длиной до 9500 мм, массой до 5300 кг из сплавов с пределом текучести до 788 МПа (сплавы ПТ-3В, 5В, 17 и др.). Большие возможности для повышения качества и расширения сортамента толстолистового проката, улучшения экономических показателей его производства открылись в связи с введением в строй первой очереди стана 5000 на Ижорском заводе (рис. 2).

В настоящее время ОАО «Ижорские заводы» специализируется на производстве проката толщиной более 20 мм; прокат толщиной от 0,05 до 20 мм в основном производит ОАО ВСМПО. Крупногабаритные поковки массой до 7 т изготовляются на заводе «Большевик», Ижорском заводе, Кулебакском металлургическом комбинате и ВСМПО. Катаные кольца диаметром до 2000 мм изготавливаются Криворожским турбинным заводом «Заря» (Украина). Производство

Рис. 3. **Отливка основания антенны диаметром 1250 мм и массой 310 кг**

профильного проката для судостроения (несимметричных полособульбовых профилей № 6—12, 16—24) освоено на Донецком (№ 6—8), Енакиевском (№ 10—12) и Краматорском им. Куйбышева металлургических заводах в кооперации с другими предприятиями Украины.

Выпуск сварочной проволоки и катаных прутков диаметром менее 24 мм налажен на опытном заводе ВИЛС. Основными проблемами являлись наличие газонасыщенного слоя и глубоких закатов на поверхности, повышенное содержание водорода в сварочной проволоке. Для повышения качества поверхности, обеспечения содержания водорода не выше 0,003% по массе потребовался дегазационный отжиг в вакуумных печах. Проблема осложнялась необходимостью прокатки на одних и тех же валках (калибрах) всех марок титановых сплавов.

Производство широкого сортамента бесшовных труб и полых заготовок освоено на ряде трубопрокатных заводов, в том числе: горячекатаных диаметром 89—465 мм (Южнотрубный, Челябинский трубопрокатный заводы); холоднодеформированных, в том числе со спиральным ребром, диаметром 6—273 мм (ЮТМЗ, Первоуральский новотрубный, Челябинский трубопрокатный); особо тонкостенных холоднодеформированных с толщиной стенки 0,15—0,50 мм (ЮТМЗ); капиллярных труб диаметром 34,5 мм (опытный завод ВНИТИ); толстостенных полых заготовок диаметром до 465 мм для изготовления гребных валов и сосудов (баллонов) высокого давления (ЧТПЗ).

Освоение производства труб и баллонов потребовало значительных объемов НИОКР, создания специализированных участков и цехов. Эти работы выполнялись с участием ВНИТИ (Украина). Горячекатаные трубы поставляются с механически обработанной поверхностью, а холоднокатаные — в состоянии после травления. При необходимости осуществляется дегазирующий вакуумный отжиг на промежуточных стадиях изготовления.

Производство крупных (до 400 л) и малых баллонов высокого давления (до 400 атм) освоено на заводах «Баррикады» (Волгоград) и Первоуральском новотрубном. На заводе «Двигатель» и Алмаатинском машиностроительном заводе им. Кирова выпускаются сварные сосуды давления.

В последние годы производство высококачественных холоднодеформированных труб из титановых сплавов освоено на ОАО ВСМПО, АО «Синарский металлургический завод» и Чепецком металлургическом заводе (г. Глазов). В связи с повышением качества выпускаемые ОАО ВСМПО сварные трубы стали конкурентными бесшовным трубам при использовании для судовых систем и теплообменного оборудования.

Фасонное литье. Производство фасонного литья из сплавов титана организовано по ведомственному принципу, и в большинстве случаев специализированные участки имеют небольшую мощность. Наиболее крупное производство титановых отливок в России организовано в судостроительной промышленности на основе комплекса конструкторских и технологических разработок ЦНИИ КМ «Прометей».

Основные технологические схемы производства включают вакуумную электродуговую выплавку титана массой от 100 до 3000 кг и центробежную заливку форм из различных материалов. Установлено, что с увеличением массы выплавляемого металла и толщины отливок в определенных пределах происходит улучшение пластических характеристик сплавов, что способствует более полному вовлечению в производство отходов титана.

Особое внимание уделено изучению влияния технологических факторов на состав и свойства сплавов в литом состоянии, в частности, исследованию источников образования активных к жидкому титану газов и влиянию этих газов на свойства литых изделий.

Разработанные институтом литейные сплавы титана систем Ti—Al—B и Ti—Al—V отличаются отсутствием хладноломкости, коррозионной стойкостью в морской воде, высоким значением вязкости разрушения (K_{1C} — 340 и 370 кг/мм$^{3/2}$) и хорошей свариваемостью. Совокупность положительных характеристик позволяет изготавливать из этих сплавов крупные равнопрочные сварные конструкции, включая протяженные трубопроводные системы для морской техники и химической промышленности.

В номенклатуру литых изделий из сплавов титана, поставляемых для внутреннего рынка и за рубеж, входят детали движительных комплексов судов (многолопастные рабочие колеса и спрямляющие аппараты, гребные винты), фитинги (отводы, переходники, тройники, разветвители и т.п.) сварных и фланцевых трубопроводов, корпуса клапанов и насосов, рабочие колеса центробежных насосов, детали немагнитных приборов, глубоководных аппаратов и детали общего машиностроения. Всего — свыше 2000 наименований. На рис. 3 представлена уникальная фасонная отливка.

Сварка морских титановых сплавов. Проблема создания изделий из титана потребовала разработки новых сварочных материалов, технологических процессов и оборудования для сварки титановых сплавов, решением которых занимались сотрудники ЦНИИ КМ «Прометей» и других отраслевых институтов.

Разработан ряд методов, которые нашли широкое применение в промышленном производстве. Основными стали следующие методы: аргонодуговая сварка (ручная и автоматическая), электронно-лучевая, лазерная, контактно-точечная и роликовая. Последнее время получили развитие сварка трением, взрывом и с использованием лазерного источника. Для сварки применяются сварочная проволока, вольфрамовые прутки для неплавящихся электродов и созданы специальные сварочные посты, в частности, ручной аргонодуговой сварки типа ПрС 3Т. Этими постами укомплектованы судостроительные заводы, использующие титан и титановые сплавы.

Для автоматической сварки разработаны различные автоматы, позволяющие сваривать корпусные конструкции и трубные системы. В их числе последние разработки ЦНИИ КМ «Прометей» — автомат «Сплав» и полуавтомат «Микрон-М».

Решение перечисленных выше вопросов позволило осуществлять сварку практически любых конструкций из титановых сплавов, применяемых в морском судостроении.

Титановые сплавы в гражданском судостроении. Основным по-

требителем производимых титановых полуфабрикатов являлся ВПК, что ограничивало их использование в гражданских отраслях промышленности. Поэтому титан как конструкционный материал для гражданских судов применялся в ограниченном объеме.

Примером такого использования могут быть крыльевые устройства для скоростных судов, в частности, таких как «Комета» и «Олимпия». Имеется опыт применения титановых обтекателей гидроакустических станций на научно-исследовательских судах типа «Маршал Неделин». Применение титана позволило существенно увеличить звукопрозрачность обтекателей.

Полярный институт (ПИНРО) и предприятия ГУ «Севрыба» освоили применение титана при изготовлении рыбообрабатывающего оборудования: станков для разделки рыбы (на тушку, филе), шнеков рыбомучной установки (РМУ), погружных рыбонасосов типа ОРНЭП, подогревателей, опреснителей, трубопроводов и т.д. ПИНРО изготовил для «Севрыбхолодфлота» (Мурманск) комплект шнеков РМУ и различные трубопроводы из титана, например, на плавбазе «Виктор Кингисепп». Рыбонасосы ОРНЭП-200, предназначенные для работы под водой на глубине до 20 м, широко распространены на средних рыболовных траулерах Северного бассейна.

Литые корпуса, спрямляющие аппараты и многолопастные рабочие колеса водометных движителей из титановых сплавов используются на гражданских судах на подводных крыльях, газотурбоходах «Буревестник» и «Малахит». Применение титана по сравнению с ранее использовавшимися материалами позволяет увеличить ресурс оборудования в 3—5 раз.

Многолетний опыт применения титана на кораблях ВМФ представляет большой интерес для распространения на системы судовых машин и механизмов судов гражданского флота. Показательным является применение титана в ледокольном флоте России, в парогенераторах транспортных АЭУ.

Все шире используются титановые сплавы в других отраслях техники. Например, их применение в теплообменных агрегатах

Рис. 4. **Судно на подводных крыльях типа «Комета»**

АЭУ увеличило ресурс парогенераторов в десятки раз. В табл. 1 приведены данные о состоянии парогенераторов АЭУ ледоколов России, эксплуатирующихся с 1970 г. Их ресурс сопоставим со сроком жизни ледоколов. В табл. 2 представлены различные виды теплообменного оборудования, разработанного с участием ЦНИИ КМ «Прометей» и успешно эксплуатирующегося с 1962 г.

Особенно эффективно применение титановых сплавов в судостроении для систем морской забортной воды. Технико-эксплуатационными требованиями предусмотрено, что материалы судовых трубопроводов должны обеспечивать срок их службы до первого докового ремонта (8—9 лет), а срок службы до полной замены систем — не менее15 лет. Это позволяет эффективно эксплуатировать суда всех классов в течение 25—30 лет. Фактически трубы из стали, медных сплавов и нержавеющих сталей получают коррозионные повреждения уже через 2—5 лет. Кроме того, исследования показали, что титановые сплавы обладают бактерицидными свойствами, что позволяет сохранять качество и вкус питьевой воды в соответствии с нормативными требованиями на срок до 30 сут[1]. Только титан и его сплавы полностью отвечают требованиям к материалам, предъявляемым Российским Морским Регистром Судоходства.

Очень удачным является сочетание низкого коэффициента расширения и модуля упругости титана. Благодаря этому термические напряжения, возникающие при перепаде температур в металле (например, в стенках труб теплообменников или холодильников), у титана в 2—3 раза меньше, чем у сталей.

Учитывая высокую коррозионную стойкость, титановые сплавы следует считать лучшим материалом для теплообменников, опреснителей, холодильников, конденсаторов и других подобных агрегатов, широко распространенных в судовой энергетике, так как условия эксплуатации этих конструкций более жесткие, чем парогенераторов, в частности, из-за использования морской воды для охлаждения.

Не менее эффективным является использование высокопрочных

Таблица 1

Сроки эксплуатации титановых парогенераторов на атомных ледоколах России (данные на июль 1997 г.)

Название ледокола	Начало эксплуатации	Продолжительность эксплуатации, лет
«Ленин»	1970	20
«Арктика»	1974	25
«Россия»	1985	12
«Советский Союз»	1989	8

[1]Патент РФ № 20330712/Авт. Ушаков С. С., Чечулин Б. Б. и др.

Таблица 2

Теплообменное оборудование из титановых сплавов, эксплуатирующееся с 1962 г.

Наименование оборудования	Количество типов теплообменного оборудования	Общее количество единиц оборудования	Срок эксплуатации, лет
Теплообменники судовые	18	6300	25—35
Парогенераторы судовых АЭУ	6	2900	20—35
Теплообменники для АЭС	12	60	5—25

хорошо свариваемых титановых сплавов для глубоководной техники. Титан позволяет создавать конструкции глубоководных аппаратов для эксплуатации на глубинах до 6 км и морских инженерных сооружений для добычи полезных ископаемых из недр океана.

Титановые сплавы — дорогой материал. Стоимость конструкций из титана обычно выше стоимости стальных. Применять титан выгоднее, когда требуется большой ресурс при высокой удельной прочности и сложных условиях эксплуатации (агрессивные среды, повышенные температуры и т. д.). В табл. 3 приведены сравнительные данные по эффективности применения титанового сплава ПТ7М для парогенераторов атомных ледоколов. Первоначальная стоимость титановых парогенераторов в 5 раз выше, чем из нержавеющей стали аустенитного класса, но увеличение на порядок ресурса парогенераторов из титана обеспечивает в 2,5—3,4 раза более низкую цену за весь период эксплуатации. Не меньший экономический эффект можно получить и на гражданских судах. Расчеты показывают, что применение трубных систем из титана, не требующих ремонта и замены в процессе эксплуатации судна, полностью окупается, поскольку среднестатистическая стоимость ремонтных работ по замене, например, труб на танкере дедвейтом 50 000 т составляет 20 тыс. дол., а потери от одного дня простоя оцениваются в 5 тыс. дол.

Таблица 3

Эффективность применения титана в парогенераторах ледоколов

Характеристика	Парогенераторы	
	из нержавеющей стали	из титана
Стоимость материалов и изготовления, у. е.	1	5
Ресурс парогенератора, тыс. ч	12	120
Число замен парогенераторов за срок службы судна	9	—
Относительная эксплуатационная стоимость парогенератора (с учетом замен в течение срока службы судна), у. е.	2,5—3,4	1

Строительство и эксплуатация скоростных судов из алюминиевых сплавов. Отечественный скоростной флот с динамическими принципами поддержания построен из алюминиевых сплавов, разработанных ЦНИИ КМ «Прометей». Все корпуса судов на подводных крыльях (СПК) изготовлены из широких (до 2000 мм) прессованных панелей, поставляемых Самарским металлургическим заводом.

Корпус наиболее распространенных, серийно строящихся СПК «Комета» (рис. 4) выполнен из прессованных панелей (сплав 1561), продольный набор по днищу, бортам и палубе — из прессованных профилей. Постройка судна осуществляется поточно-позиционным методом. Применяется специализированное оборудование для автоматической и полуавтоматической импульсно-дуговой сварки. Разработка и внедрение прогрессивных технологических процессов сварки позволили предотвратить деформации корпусных конструкций, повысить производительность труда и обеспечить требуемое качество изготовления сварных конструкций. То же относится к серийным СПК «Восход», «Полесье» и «Колхида».

Следует отметить, что еще на состоявшемся в 1979 г. во Франции конгрессе по конструкциям судов в докладе технического комитета конгресса отмечена ведущая мировая роль нашей страны в области постройки коммерческих судов на подводных крыльях.

Создание судов на воздушной подушке и воздушной каверне базировалось также на разработанных в институте морских алюминиевых сплавах.

Разработанные в ЦНИИ КМ «Прометей» деформируемые алюминиевые сплавы, полностью отвечающие требованиям судостроения, а также сварочные материалы обеспечили создание отечественного скоростного флота.

Литература

1. *Kroll W.* Production of dystilation Ti//Trans. Electrochem. Soc., 1940. N 78.
2. *Кролль В.*//Титан. Сб. статей № 3. М.: Изд-во иностр. лит., 1954.
3. *Полин И. В.* Развитие и современное состояние вопроса выплавки слитков титана и его сплавов//Металлургия. 1958. Вып. 1.
4. *Полин И .В.* Особенности горения электрической дуги в вакуумных дуговых печах//Металлургия. 1959. Вып. 2.
5. Титан и его сплавы/*Л. С. Мороз, Б. Б. Чечулин, И. В. Полин и др.* Л.: Судпромгиз, 1960.
6. *Уртьев В. П., Береславский А. Л.* Измерение температуры жидкого металла в условиях вакуумной дуговой плавки//Вакуумная дуговая плавка металлов и сплавов. 1967. Вып. 5.
7. *Полин И. В.* Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. Л., 1968.
8. Слитки титановых сплавов/*В. И. Добаткин, Н. Ф. Аношкин, А. Л. Андреев и др.* М.: Металлургия,1966.
9. Плавка и литье титановых сплавов/*А. Л. Андреев, Н. Ф. Аношкин, К. М. Борзецовская и др.* М.: Металлургия, 1978.
10. *Полин И. В., Козлович Ю. И., Карасев Э. А.* Изучение условий растворения газонасыщенных кусков при выплавке слитков сплавов титана с алюминием//Вакуумная дуговая плавка металлов и сплавов. 1965. Вып. 3.
11. *Андреева Г. С., Артемьев А. М., Тетюхин В. В.* Дефекты в слитках титановых сплавов//Вакуумная дуговая плавка металлов и сплавов. 1964. Вып. 2.
12. Улучшение качества титановой губки/*В. А. Гармата, Э. С. Фалькевич, В. Ю. Крамник, Е. Н. Чукальский*//Вакуумная дуговая плавка металлов и сплавов. 1964. Вып. 2.
13. *Гармата В. А. и др.* Металлургия титана. М.: Металлургия, 1968.
14. *Устинов В. С.* Титан в XII пятилетке//Цветные металлы. 1987. № 5.
15. Титановые сплавы в машиностроении /*Б. Б. Чечулин, С. С. Ушков, И. Н. Разуваева, В. Н. Гольдфайн.* Л.: Машиностроение, 1977.
16. *Горынин И. В., Чечулин Б. Б.* Титан в машиностроении. М.: Машиностроение, 1990.

ДЕВЯТАЯ ВСЕМИРНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО ТИТАНУ

Б. Г. Ушаков, канд. техн. наук (ЦНИИ КМ «Прометей»)

С 7 по 11 июня 1999 г. в Санкт-Петербурге, в Центральном научно-исследовательском институте конструкционных материалов «Прометей» проходила 9-я Всемирная конференция по титану, в которой приняли участие 518 специалистов из 24 стран.

Первая Всемирная конференция по титану состоялась в 1968 г. в Лондоне. Затем местом конференций были: 1972 г. — Бостон (США); 1976 г. — Москва (СССР); 1980 г. — Киото (Япония); 1984 г. — Мюнхен (Германия) — 606 участников; 1988 г. — Канны (Франция) — 501 участник; 1992 г. — Сан-Диего (США) — 710 участников; 1995 г. — Бирмингем (Англия) — 623 участника.

Международный оргкомитет у здания ЦНИИ КМ «Прометей»

Уже почти 40 лет титан как конструкционный материал находится в сфере повышенного внимания ученых, конструкторов и эксплуатационников. Итоги их деятельности подводятся на всемирных конференциях, цель которых — содействовать использованию научного и производственного потенциала всех стран мира в реализации международных программ и проектов, укреплению международных связей и взаимовыгодного сотрудничества по использованию титана в различных отраслях промышленности. Ведущим специалистам предоставляется возможность широкого обмена новейшими результатами научных исследований, производства и применения титана и его сплавов, обсуждения наиболее важных проблем, что всегда играет значительную роль в научно-технической жизни всех стран.

Большой интерес многих фирм мира к титану как к конструкционному материалу связан с его особыми свойствами: высокой удельной прочностью, коррозионной стойкостью в агрессивных средах, хорошей свариваемостью, экологической чистотой в процессе эксплуатации конструкций и др.

Исходя из существующих тенденций, можно полагать, что на рубеже нового тысячелетия титан становится материалом XXI века. Перспективными потребителями титана являются энергетика, химическая и нефтегазовая промышленность, медицина, пищевая промышленность, спорт, транспорт, автомобилестроение, строительство и др.

Несмотря на высокую первоначальную стоимость, конструкции из титана в процессе эксплуатации становятся экономически выгодными, так как срок службы их увеличивается в несколько раз — и в результате сокращаются расходы на транспортировку, ремонт и обслуживание.

Право на проведение 9-й Всемирной конференции по титану Россия получила в жесткой конкурентной борьбе. Государственный научный центр Российской Федерации ЦНИИ КМ «Прометей» является одним из ведущих материаловедческих институтов страны. Более 40 лет он занимается разработкой коррозионно-стойких высокопрочных титановых сплавов для судостроения. Успехи института в этой области получили широкое признание, а некоторые разработки не имеют аналогов в мировой судостроительной практике.

На конференцию в Санкт-Петербург прибыли признанные во всем мире специалисты, ученые, исследователи, руководители научных центров и институтов из России и СНГ (332 чел), США (17 чел.), Англии (9 чел.), Японии (44 чел.), Франции (28 чел.), Германии (27 чел.), Китая (22 чел.) и других стран.

На конференции было сделано 179 докладов и представлено 94 стендовых доклада.

На пленарном заседании, открывшем конференцию, были прочитаны доклады о достижениях в области исследования и применения титана в странах, входящих в Международный оргкомитет (СНГ, Китай, Франция, Германия, Япония, Англия, США).

Тематика конференции была представлена двенадцатью симпо-

На совещании международного оргкомитета

На пленарном заседании с приветствием выступает первый вице-губернатор В. Н. Щербаков

зиумами. Работу каждого симпозиума открывал ключевой доклад.

Симпозиум «Теория сплавов и фазовых превращений».

Влияние фазовых и структурных превращений на механические и функциональные свойства титановых сплавов (А. А. Ильин, МАТИ — Российский государственный технологический университет им. К. Э. Циолковского; И. С. Полькин, ВИЛС, Россия).

Effect of the Phase and Structural Transformation on the Mechanical and Functional Properties of the Titanium Alloys (A. A. Ilin, MATI — Russian State Technology University after Tsiolkovsky K. E.; I. S. Polkin, All — Russia Institute of Light Alloys, Russia).

Симпозиум «Интерметаллиды».

Технология 99 гамма-сплавов (Дэнис М. Димидук, Пол А., Ю-В. Кён, Отдел материалов и производства, Лаборатория исследований воздушных сил; Мак-Кей, Корпорация Хаумет, Исследовательский центр, США).

Gamma Alloy Technology 1999 (Dennis M. Dimiduk, Paul A., Y-W. Kirn, Materials & Manufacturing Directorate, Air Force Research Laboratory; McQuay, Howmet Corporation, Operhall Research Center, USA).

Симпозиум «Физико-механические свойства и микроструктура».

Микроструктура и механические свойства титановых сплавов (Дж. Альбрехт, Г. Лютеринг, Технический университет Гамбург-Гарбург, Германия).

Microstructure and Mechanical Properties of Titanium Alloys (J. Albrecht and G. Lutjering, Technical University Hamburg-Harburg, Germany).

Развитие сплавов β-титана (Хью Сонгкмо, Занг Зу, Занг Сукью, Центральный исследовательский институт цветных и легких сплавов, Китай).

The Development of β-Titanium Alloy (Hui Songxiao, Zhang Zhu, Zhang Shuqi, General Research Institute for Non-ferrous Metals, China).

Симпозиум «Поведение в средах, поверхность, защита».

Влияние температуры и окружающей среды на сопротивление усталости титановых сплавов — роль защитных покрытий (Джо Мендес, ENSMA, Франция).

Temperature and Environment Effects on Fatigue Resistance of Titanium Alloys — Role of Protective Coatings (Jose Mendez, ENSMA, France).

Симпозиум «Применение в аэрокосмической отрасли».

Расширение области применения титановых сплавов в аэрокосмической промышленности (Р. Р. Боуер, Коммерческие авиалинии Боинг; Дж. К. Вильямс, Авиационные моторы GE, США).

Evolving Aerospace Applications for Ti Alloys (R. R. Boyer, The Boeing Commercial Airlanes; J. C. Williams, GE Aircraft Engines, USA).

Применение аэродвигателей: настоящее и будущее (А. Вассел, ONERA; Дж. Ю. Гюдо, SNECMA, Франция).

Aero-Engine Applications: Present and Future (A. Vassel, ONERA; J. Y. Guedou, SNECMA, France).

Симпозиум «Применение в морской технике и в оффшорной промышленности».

Морское применение титана (С. Ушков, ЦНИИ КМ «Прометей», Россия)

Marine Application of Titanium (S. Ushkov, CRISM «Prometey», Russia).

Симпозиум «Применение в транспорте, энергетике, медицине и других областях».

Возможности титана для применения в автоматике (Ренье Раух, Хэтмут Боур, Деймлер Крайслер AG Исследования и технология, Германия).

Potential of Titanium for Automotive Application (Rainer Rauh, Hartmut Baur, Deimler Chrysler AG Research Technology, Germany).

Сопротивление коррозии, механические свойства, коррозионная усталостная прочность и биосовместимость новых титановых сплавов без Al и V для медицинских имплантаций (Ешимаса Ито, Де-

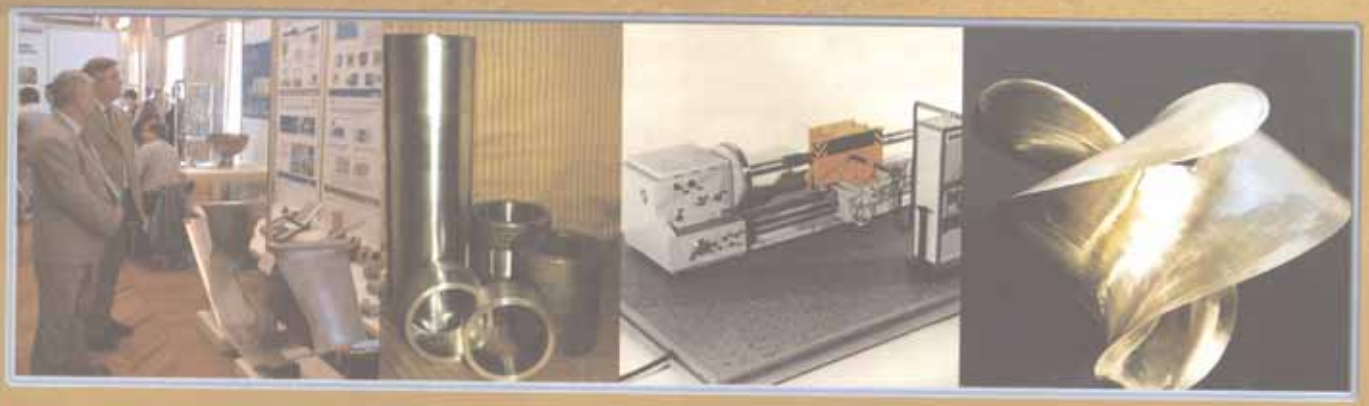
На одном из заседаний в зале № 3

«ПРОМЕТЕЙ»

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Область научно-исследовательских работ института:

- разработка новых материалов, технологии их промышленного производства, процессов сварки, методов и средств неразрушающего контроля;
- выбор материалов для различных условий эксплуатации, включая экстремальные;
- разработка методов и средств обработки поверхностей (покрытия, обработка концентрированными потоками энергии, нанесение лаков и красок, химико-термическая обработка);
- прогнозирование работоспособности и долговечности материалов в самых жестких условиях;
- экспертиза действующих конструкций;
- аттестация и сертификация материалов и производств в соответствии с международными требованиями.



Россия, 193015, Санкт-Петербург, ул. Шпалерная, 49
Телефон: (812) 274-37-96
Факс: (812) 274-17-07
Телекс: 322147 ALFA RU
E-mail: vvv@prometey2.SPb.SU
http://www.prometey.nw.ru

На выставке в ЦНИИ КМ «Прометей»

партамент технологий титановых металлов, KOBE STEEL, Ltd; Ешимитсу Окасаки, Механическая лаборатория, Агентство науки и технологии, Япония).

Corrosion Resistance, Mechanical Properties, Corrosion Fatigue Strength and Biocompatibility of New Ti Alloys without Al and V for Medical Implants (Yoshimasa Ito, Titanium Metals Technology Department, KOBE STEEL, Ltd; Yoshimitsu Okazaki, Mechanical Engineering Laboratory, Agency of Science Technology, Japan).

Симпозиум «Исходные материалы, плавка, рециклирование».

Исследовательская деятельность по эффективной себестоимости металлургии титановых сплавов в Японии (Ёкуши Кавабе, Чиба Институт технологии, Япония).

Research Activities on Cost Effective Metallurgy of Titanium Alloys in Japan (Yoshikuni Kawabe, Chiba Institute of Technology, Japan).

Симпозиум «Ковка, литье, механическое формообразование, методы соединения и моделирования».

Разработка термомеханических процессов для разрушения α/β-титановых сплавов с колонией α-микроструктур (С. Л. Семиатин, Исследовательская лаборатория воздушных сил; Г. В. Кухлман, Алюминиевая компания Америки, США, и др.).

Design of Thermomechanical Processes for the Breakdown of Alpha/Beta Titanium Alloys with Colony Alpha Microstructures (S. L. Semiatin, Air Force Research Laboratory; G. W. Kuhlman, Aluminium Company of America; I. Weiss. Wright State University; V. Seetharamain, UES, Inc., USA).

Опыт производства титановых слитков и слябов с вовлечением 70% отходов, с использованием прессового расходуемого электрода (В. В. Тетюхин, ВСМПО, Россия).

An Experience of Manufacture of Titanium Ingots and Slabs Containing up to 70% of Scrap, Using a Compacted Consumable Electrode (V. V. Tetyukhin, JSC «Verkhne-Saldinsk Metallurgical Plant», Russia).

Симпозиум «Сварочные процессы и технология».

Методы создания постоянных титановых соединений (Б. Е. Патон, В. Н. Замков, В. П. Прилуцкий, Институт электросварки им. Е. О. Патона, Украина).

Methods for Making Titanium Permanent Joints (B. E. Paton, V. N. Zamkov, V. P. Prilutsky, E. O. Paton Electric Welding Institute, Ukraine).

Симпозиум «Порошковая металлургия, напыление, покрытия».

Представление ситуации с литьем титановых сплавов и Р/М технология (Чунксио Као, Фушенг Сан, Джуин Ма, Зисоу Зу, Пекинский институт аэрокосмических материалов; Тао Лан, Юнинг Ву, Хьюпинг Танг, Джианьюн Лоу, Северо-западный институт цветных и легких металлов, Китай, и др.).

Present Situation of Ti Alloy Casting and P/M Technology (Chunxiao Cao, Fusheng Sun, Jijin Ma, Zhishou Zhy, Beijing Institute of Aeronatical Materials; Tao Lan, Yinjing Wu, Huiping Tang, Jianjun Loy, Northwest Institute for Nonferrous Metal Research; Zhenfeng Liang, Yixiang Cai, Guangzhou Research Institute of Nonferrous Metal, China).

Симпозиум «Матричные композиты».

Разработка механически измельчаемых титановых макрочастиц для MMC'S (Т. Хиндер, А. Висбей, П. С. Гудвин, К. М. Воод-Клоуз, DERA, Великобритания).

Development of a Mechanically Milled Titanium Particulate MMC's (T. Hinder, A. Wisbey, P. S. Goodwin. C. M. Ward-Close, Defence Evaluation and Research Agency, UK).

Наибольший интерес вызвали доклады, посвященные разработкам в области конструирования и применения титана в изделиях, где традиционно использовались стали, медные и медно-никелевые сплавы.

Во время проведения конференции была организована выставка по титану. На ней ведущие предприятия — ВСМПО, АВИСМА, ВИЛС, «Балтийский завод» и другие — продемонстрировали свои разработки и продукцию из титана. Особое место занимала экспозиция ЦНИИ КМ «Прометей», разработки которого используются на многих предприятиях России и СНГ.

Работа конференции включала также проведение семинаров, встреч, экскурсий. Для участников была подготовлена обширная культурная программа, позволившая гостям города познакомиться с Петербургом в пору белых ночей, его уникальными культурными ценностями, архитектурой, музеями и дворцами, реками и каналами.

Анализ материалов конференции еще впереди, а сейчас, по отзывам зарубежных участников, можно утверждать: конференция состоялась и прошла на высоком уровне. Труды конференции планируется издать к началу 2000 г. Принято решение следующую 10-ю Всемирную конференцию по титану провести 13—18 июля 2003 г. в Германии.

ИНВЕСТИЦИОННЫЙ ПРОЕКТ «ВЕРФИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА»: РЕСТРУКТУРИЗАЦИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ОСНОВНЫХ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ГОРОДА

В основу данной статьи положен доклад генерального директора ЦНИИТС В. Д. Горбача, сделанный на научно-техническом совете Департамента судостроительной промышленности 13 июля 1999 г. — в год 60-летия Государственного научного центра ЦНИИ технологии судостроения. Научно-технический совет единогласно принял решение одобрить направления и принципиальные организационно-технические и проектные решения, а также основные технико-экономические показатели инвестиционного проекта «Верфи Санкт-Петербурга». Рекомендовано назначить ЦНИИТС головной организацией в целом по проекту с осуществлением функций по согласованию и представлению в государственные и региональные органы управления необходимых материалов по реализации проекта и разработке соответствующей проектно-сметной документации.

Концепция проекта. В Санкт-Петербурге расположены три крупных судостроительных предприятия России — ГУП «Адмиралтейские верфи», ОАО «Балтийский завод» и ОАО «Северная верфь». Они имеют значительный опыт постройки кораблей для ВМФ, транспортных судов, атомных ледоколов, химовозов и других самых сложных объектов морской техники, в том числе на экспорт. Однако по уровню технологии, оснащенности современным технологическим и крановым оборудованием и, как следствие, по основным показателям продолжительности и удельной трудоемкости постройки судов все три завода отстают на 12—15 лет от лучших верфей Европы и Юго-Восточной Азии и нуждаются в коренной реконструкции. Осуществление этой реконструкции в ближайшие пять лет — обязательное условие сохранения конкурентоспособности верфей Санкт-Петербурга в XXI веке. Без решения этой задачи страна и регион к 2005 г. могут потерять стратегически важный и экономически выгодный сектор промышленности.

Инвестиционный проект «Верфи Санкт-Петербурга», разработанный по поручению руководства города и отрасли, предусматривает наиболее эффективный путь реконструкции и модернизации производства трех заводов города на основе создания на территории «Северной верфи» современного конкурентоспособного судостроительного комплекса мирового уровня и переноса в него основного производства «Балтийского завода» и надводного судостроения с «Адмиралтейских верфей».

Главная цель нового комплекса — удовлетворение потребностей России в обеспечении строительства судов для внутреннего рынка и на экспорт.

Проект одобрен администрацией Санкт-Петербурга и распряжением губернатора № 508-Р от 1 июня 1999 г. включен в «Стратегический план развития Санкт-Петербурга». Координацию хода работ по проекту осуществляет специально созданный Координацион-

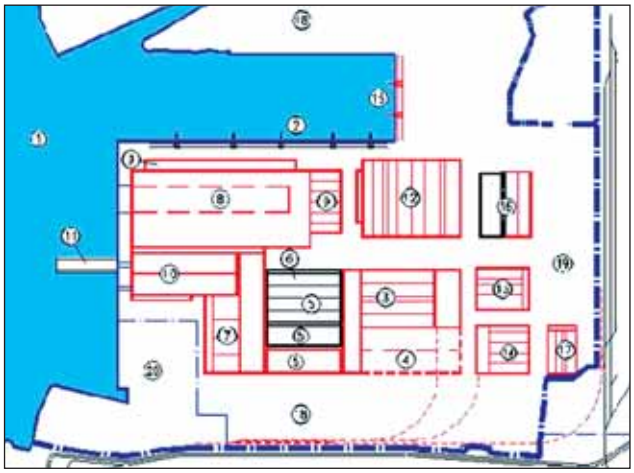


Рис. 1. **Генеральный план судостроительного комплекса «Верфи Санкт-Петербурга»:**
1 — акватории верфи; *2* — достроечная набережная; *3* — корпусообрабатывающий цех; *4* — базисный склад стали; *5* — сборочно-сварочный цех; *6* — цех агрегатирования; *7* — окрасочные камеры; *8* — судосборочный цех № 1 с сухим доком; *9* — монтажные и достроечные цеха; *10* — судосборочный цех № 2; *11* — передаточный плавучий док; *12* — блок комплектующих цехов; *13* — блок цехов покрытий; *14* — блок складов; *15* — причал для приема и отгрузки металла; *16* — механический цех; *17* — блок вспомогательных цехов; *18* — объекты перспективного развития; *19* — объекты инженерного обеспечения; *20* — территория АО «Западная компания»

Рис. 2. **Вариант застройки территорий старых верфей. Вид на устье Невы со стороны Финского залива.**

ный совет во главе с губернатором Санкт-Петербурга В. А. Яковлевым.

В настоящее время ЦНИИТС и Санкт-Петербургский Фонд поддержки промышленности с активным участием трех судостроительных заводов разработали и представили бизнес-план реализации инвестиционного проекта «Верфи Санкт-Петербурга» для его согласования соответствующими организациями в установленном порядке. Бизнес-план освещает две основные части проекта — судостроительную и градостроительную.

Судостроительная часть проекта «Верфи Санкт-Петербурга». На территории ОАО «Северная верфь» предусматривается создание компактной судостроительной верфи для постройки судов различных типов и назначений, равной или близкой по своей мощности трем действующим в Санкт-Петербурге крупным судостроительным заводам.

Территория «Северной верфи» наиболее приспособлена для размещения нового комплекса по ряду причин: площади и параметры земельного участка позволяют рационально и комплексно разместить все необходимые производства и универсальные построечно-спусковые сооружения под «единой крышей» с оптимизацией технологических и материальных потоков, осуществить поэтапное строительство и планомерное перебазирование производств без ущерба выполнения судостроительных программ заводов в период создания комплекса; имеются необходимые инженерные коммуникации и транспортные связи; участок удален от центра города и зоны жилой застройки, но в то же время близок к акватории Финского залива, что важно для безопасного вывода крупнотоннажных судов.

Факторы, определяющие производственную программу. По состоянию на 1 января 1998 г. транспортный флот России насчитывал более 1200 судов, средний возраст которых 19 лет. Ежегодно вплоть до 2010 г. подлежат списанию вследствие полного износа не менее 80 судов. По материалам Морского форума (Санкт-Петербург, 1998 г.) пароходства России должны ежегодно пополняться новыми транспортными судами в количестве от 90 до 150 ед.

Полная потребность страны в продукции гражданского судостроения по всей номенклатуре составляет более 3500 судов. Эти данные определены на основании расчетных заданий федеральных целевых программ и с учетом необходимости восстановления в рациональных пропорциях объема морских перевозок отечественными судами, которые сократились за последнее пятилетие с 50 до 9% общего объема морских перевозок России.

Прогноз экспорта судов основывается на следующих данных. В настоящее время объем морских перевозок в мире растет примерно на 2% в год. Портфель заказов на суда различных типов в мире по состоянию на март 1998 г. составлял более 2000 ед. По экспертной оценке Россия на рынке гражданского судостроения, при соответствующей модернизации верфей, может претендовать на 1—2% ежегодного портфеля заказов.

Таким образом, рассматриваемые сегменты рынка (гражданские суда для пополнения флота России, государственный заказ и экспорт судов) оцениваются для новой верфи примерно в 460 ед. в период с 2001 по 2010 год.

Производственная программа верфи может быть определена из следующих условий: наличие достаточного сегмента рынка (по нашей оценке имеется); минимально необходимая стоимость программы (определяется из условий обеспечения инвестиций в сроки окупаемости проекта и рентабельности производства новой верфи); максимально возможного выпуска судов (определяется из производственной мощности — пропускной способности верфи).

В расчеты заложена программа строительства от 70 до 120 судов в зависимости от возможной конкретной годовой программы.

Для достижения планируемых показателей эффективности (срок окупаемости 7,6 лет, внутренняя норма доходности 19%) необходима производственная программа объемом не менее 580 млн дол. в год.

Следует отметить, что производственная программа для новой верфи прорабатывалась как многовариантная, с возможностью включения судов всех классов и назначений из прогнозируемого для верфи сегмента рынка.

Основные параметры судостроительного комплекса. В основу проекта «Верфи Санкт-Петербурга» положены передовые решения по принципиальной технологии и организации постройки судов, новые проектно-строительные решения, использующие опыт реструктуризации и модернизации крупнейших судостроительных предприятий в Европе и Юго-Восточной Азии.

Годовой объем перерабатываемой стали составит 90 тыс. т. Это позволит строить современные суда водоизмещением до 100 тыс. т (возможна постройка и до 150 тыс. т), включая танкеры, балкеры, сухогрузы, химовозы, газовозы, ледоколы, плавучие электростанции и др. Расчетная трудоемкость годовой производственной программы 2940 тыс. чел.-ч. Численность работающих (без учета контрагентских работ) — 2360 чел. Удельная трудоемкость создания одной компенсированной регистровой тонны составит до 20 чел.-ч (сегодня этот показатель на российских верфях составляет от 80 до 110). Общая площадь верфи 70 га.

Проектные решения предусматривают компактное размещение («под единой крышей») основного производства с обеспечением прямолинейной схемы движения материалов и изделий (склад стали — корпусообрабатывающий цех — сборочно-сварочный цех — окрасочные камеры — судосборочные цеха — сухой док или передаточный плавучий док — достройка), а также применение новых современных технологий и организации производства.

Предусмотрено применение следующих ресурсосберегающих и экологически чистых технологий: правка, очистка и консервация стального листового и профильного проката на автоматизированных поточных линиях типа «Гутман»; термическая резка листового проката на воде и под водой на машинах с ЧПУ; гибка корпусных деталей на новых гибочно-правильных машинах с ЧПУ методом ротационно-локальных деформаций; сборка и сварка корпусных секций судов на комплексно-механизированных линиях с элементами роботизации отдельных операций; очистка, окраска и сушка секций в специализированных камерах замкнутого типа; формирование в сухом доке корпусов судов из крупных насыщенных блок-модулей массой до 3,5 тыс. т, изготовленных в чистый размер.

Проектом предусмотрена поточно-позиционная организация производства верфи с поставкой до 85% изделий достроечной номенклатуры от контрагентов-предприятий города и региона (судовая вентиляция, оборудование помещений, модульные панели зашивки, изоляция и др.), применение адаптируемых автоматизированных средств подготовки производства, планирования и управления верфью (CAD/CAM). Необходим также принципиально новый подход к поставке комплектующих изделий по принципу «точно в срок», практически без промежуточного хранения на верфи, при обеспечении монтажа, наладки и испытаний силами контрагентов.

Состав основных цехов комплекса: судосборочный цех № 1 — эллинг (408 x 175 x 85 м) с сухим доком размерами 360 x 60 x 14 м (общая площадь 64,4 тыс. м^2, оснащение — два козловых крана по 900 т, четыре козловых крана по 160 т, три портальных крана по 80 т); судосборочный цех № 2 площадью 23 тыс. м^2 — два горизонтальных стапельных места 240 x 48 x 42 м и передаточный плавучий док грузоподъемностью до 15 тыс. т (оснащение — шесть мостовых кранов по 125 т); корпусообрабатывающий цех со складом стали общей площадью 25 тыс. м^2, оснащенный восемью мостовыми и двумя козловыми кранами грузоподъемностью 32 т; сборочно-сварочный цех общей площадью 32,6 тыс. м^2, оснащенный четырьмя мостовыми кранами грузоподъемностью 160 т и восемью мостовыми кранами по 50 т. Предусмотрены также трубообрабатывающий цех (8,6 тыс. м^2), монтажные участки (13,1 тыс. м^2), блок достроечно-сдаточных и контрагентских цехов (12,7 тыс. м^2), блок цехов покрытий (18,3 тыс. м^2) с мостовыми и подвесными кранами по 3,2 т и 5 т, блок складов площадью 10 тыс. м^2.

Компоновка цехов позволяет осуществить спуск нового судна на воду с технической готовностью до 90%.

Межцеховые и внутрицеховые перевозки осуществляются с использованием различного напольного транспорта — самоходных трейлеров грузоподъемностью 60, 150 и 300 т, автотранспорта (до 20 т), электрокаров и погрузчиков (до 2 т). Монтаж и сборка крупных зональных блоков и модулей судна будут выполняться с помощью двух кранов грузоподъемностью 900 т, сборка узлов и секций — кранами 160, 125, 32 и 5 т; предусмотрены также роликовые конвейеры и магнитные перегружатели.

Запланированы сквозные поперечные пролеты — проезды между основными цехами и окрасочными камерами, передача деталей и узлов в унифицированных контейнерах.

Планируется три основных этапа реализации судостроительной части проекта. При этом на нулевом (подготовительном) этапе осуществляется доработка инвестиционного проекта, разработка ТЭО и проектно-сметной документации на 1-й этап.

1-й этап. Длительность — 1,5 года, капитальные затраты 112 млн дол. Строительство, оснащение и ввод в эксплуатацию нового корпусообрабатывающего и сборочно-сварочного цехов на базе реконструкции существующего эллинга, базисного склада стали и окрасочных камер. Подготовительные работы на пятне застройки сухого дока. Инженерное и технологическое обеспечение.

2-й этап. Длительность — 2,5 года, капитальные затраты 200 млн дол. Строительство эллинга с сухим доком, комплектующих цехов, монтажного и достроечного цеха, механического цеха, инженерное и технологическое обеспечение объектов.

На 1-м и 2-м этапах все три завода продолжают выполнять свои текущие заказы при планомерном расширении объектов межзаводской кооперации.

3-й этап. Длительность — 1,5 года, капитальные затраты 78 млн дол. Строительство судосборочного цеха № 2, дооборудование существующего эллинга, строительство складов, цеха покрытий и блока вспомогательных цехов. Инженерное и технологическое обеспечение.

Общий срок строительства — 4,5 года (без нулевого этапа) с частичным временным перекрытием этапов. В процессе выполнения работ по этапам осуществляется планомерное перебазирование существующих производственных мощностей «Балтийского завода» и «Адмиралтейских верфей» на новый судостроительный комплекс, а также организация размещения ряда машиностроительных производств на машиностроительных заводах Санкт-Петербурга и региона.

Технико-экономические показатели проекта: капитальные вложения 390 млн дол., общий объем инвестиций 507 млн дол.; продолжительность строительства — 4,5 года; срок окупаемости — 7,6 года.

Необходимо отметить, что в настоящее время все три завода являются источниками вредных выбросов в окружающую среду. Реализация мероприятий по экологической безопасности нового производства позволит сократить выбросы в атмосферу в 8—9 раз, исключить сброс сточных вод в акваторию, сократить потребление воды на производственные и хозяйственно-бытовые нужды в 12—15 раз, уменьшить вывоз отходов производства на захоронение в 5 раз.

Меры поддержки проекта. Безусловно, в первую очередь необходимо решить ряд организационно-технических мер. К ним следует отнести:

1. Принятие закона о государственной поддержке судостроения, предусматривающего новую систему кредитования постройки судов на отечественных верфях (гарантии государства по кредитам на строительство новых судов до 80% их стоимости) и другие льготы. Первое чтение закона было запланировано в Государственной думе на сентябрь 1999 г.;

2. Подготовка и выпуск постановления правительства РФ и указа президента, касающихся мер по реализации проекта «Верфи Санкт-Петербурга», его особом экономическом статусе (свободная экономическая зона) и государственных гарантий по кредитам инвесторов;

3. Создание управляющей компании для реализации проекта. Ее учредителями должны стать три верфи, а также предприятия и организации, фирмы и инвесторы, которые заинтересованы в осуществлении данного проекта. Доля государства должна составлять не менее 51%.

4. Осуществление единой политики государственных и региональных органов управления по размещению государственного заказа по судостроению, экспортных и внутренних заказов отечественных судовладельцев на трех верфях Санкт-Петербурга (по их номенклатуре) или в новой управляющей компании.

Градостроительная часть проекта. Эта часть проекта «Верфи Санкт-Петербурга» особенно важна для развития исторического центра города и привлечения средств инвесторов. На освободившихся площадях (около 120 га) вдоль набережных в устье Большой Невы, как предполагают специалисты Комитета по градостроительству и архитектуре города, может быть воздвигнут новый деловой центр международного значения с гостиницами, офисами, банками, выставочными комплексами, музеями и причалами для приема круизных судов.

Этот район Санкт-Петербурга в перспективе может стать коммерческим центром города. В результате — вместо экологически неблагополучных заводских территорий будет создан район с современной транспортной, инженерной и социальной инфраструктурой, который поднимет потенциал прилегающих территорий и станет катализатором развития ныне недооцениваемой части города.

Предполагаемое строительство нового моста через Неву и скоростных транспортных магистралей обеспечит связь обновленных районов в устье Невы с другими районами города, вокзалами, аэропортом и международной автомагистралью Хельсинки—Петербург—Москва.

Большой интерес зарубежных инвесторов вызывает возможность создания 6—8 причалов морского пассажирского терминала для приема круизных судов. Благодаря невской излучине морские лайнеры, стоящие у причальных стенок, станут важным элементом городского пейзажа — с корабельных палуб перед туристами развернется панорама невских берегов и главных достопримечательностей Петербурга.

Особая ценность территории «Адмиралтейских верфей», разделенной реками и каналами на отдельные острова, — в ее живописности и редком для Петербурга камерном масштабе. Здесь, на продолжении Английской набережной, в соответствии с концепцией может возникнуть новый городской район, притягательный для вложения инвестиций в жилые и гостиничные комплексы, культурно-учебные и творческие центры европейского уровня, офисные и торговые сооружения.

Комитет по градостроительству и архитектуре Санкт-Петербурга — автор концепции архитектурно-планировочного решения застройки высвобождающихся территорий — предполагает в дальнейшем рассмотрение на конкурсной основе нескольких вариантов градостроительного освоения площадей в устье Невы с участием архитекторов со всего мира (как это имело место при разработке аналогичных проектов в Лиссабоне, Роттердаме, Хельсинки и, наконец, в Лондоне, где на месте старых портовых сооружений построен современный деловой комплекс Докленд). Создание соответствующей инфраструктуры на новых площадях позволит организовать около 40 тыс. рабочих мест.

Проект «Верфи Санкт-Петербурга» — это прекрасная возможность на пороге нового тысячелетия и 300-летия города осуществить при государственной поддержке на федеральном и региональном уровнях не только реструктуризацию и коренную реконструкцию основных судостроительных предприятий Санкт-Петербурга, но и обновить важную часть городской территории, создать столь необходимые новые транспортные магистрали.

В. Д. Горбач, генеральный директор

ГНЦ ЦНИИТС, канд. техн. наук

СЕРГЕЮ НИКИТИЧУ КОВАЛЕВУ — 80 ЛЕТ

15 августа 1999 г. исполнилось 80 лет генеральному конструктору ракетных подводных крейсеров стратегического назначения академику РАН Сергею Никитичу Ковалеву.

С. Н. Королев родился в Петрограде. В 1937—1942 гг. он — студент Ленинградского кораблестроительного института, а закончил учебу в Николаеве в 1943 г., получив диплом Николаевского кораблестроительного института. Затем опять Ленинград — работа в бюро (1943—1948 гг.) конструктором I категории, старшим конструктором, помощником главного конструктора подводных лодок. В 1948—1953 гг. Сергей Никитич — заместитель главного конструктора подводных лодок в СКБ-143, затем — в ЛПМБ «Рубин». С 1955 г. С. Н. Ковалев назначается главным конструктором подводных лодок ЛПМБ «Рубин», а с 1983 г. — генеральным конструктором ЦКБ МТ «Рубин».

Под руководством и при непосредственном участии С. Н. Ковалева была реализована крупнейшая программа атомного подводного кораблестроения — создание около 100 стратегических подводных лодок, вооруженных баллистическими ракетами. Это — лодки первого поколения, в частности, пр. 658М водоизмещением 3700 м^3 с тремя ракетами (1960—1964 гг.), ракетоносцы второго поколения пр. 667А, 667Б, 667БД, 667БДР, 667БДРМ водоизмещением от 9800 до 12 600 м^3 с 16 баллистическими ракетами и, наконец, морская стратегическая система «Тайфун», в основе которой — тяжелый атомный подводный крейсер третьего поколения пр. 941 («Акула») с твердотопливными ракетами с разделяющимися боеголовками.

С. Н. Ковалев,
генеральный конструктор ракетных подводных крейсеров стратегического назначения,
академик Российской Академии наук

Основой морских стратегических ядерных сил России XXI века станут разработанные в ЦКБ МТ «Рубин» подводные атомные крейсера четвертого поколения — закладка головного корабля «Юрий Долгорукий» (проект «Борей») состоялась 2 ноября 1996 г. в ПО «СМП».

Заслуги Сергея Никитича Ковалева по достоинству оценены Родиной. Он — дважды Герой Социалистического Труда (1963 г., 1974 г.), кавалер двух орденов Ленина (1970 г., 1984 г.) и ордена Октябрьской Революции (1979 г.), награжден многими медалями, в том числе «За трудовое отличие» (1954 г.), лауреат Ленинской (1965 г.) и Государственной (1978 г.) премий.

В ПО «Севмаш» принято решение о создании в заводском музее постоянно-действующей экспозиции, посвященной творческой деятельности Сергея Никитича, а также учреждении ежегодных премий имени академика С. Н. Ковалева. Премии будут присуждаться рабочим, инженерам, ведущим специалистам и военным морякам за высокие достижения в области кораблестроения.

Поздравляя Сергея Никитича с юбилеем, от всей души желаем ему крепкого здоровья и творческих успехов во славу русского кораблестроения и флота.

Тяжелый атомный подводный крейсер пр. 941 («Акула»)

ЮБИЛЕИ «ВИТЯЗЯ»

Четыре юбилея в один год — это необычно даже для такого знаменитого на весь мир судна, каким является научно-исследовательское судно «Витязь», ныне ставшее кораблем-музеем в Калининграде.

ШЕСТЬДЕСЯТ ЛЕТ назад, в 1939 г., со стапелей немецкой верфи «Шихау» в Бремерхафене был спущен на воду сухогруз, получивший имя «Марс». Судно стали использовать для перевозки бананов из тропических стран в Европу. С началом второй мировой войны его перекрасили в черно-белый цвет и переоборудовали под плавучий госпиталь. «Марс» вошел в историю морского флота Германии благодаря тому, что вывез в конце войны около 20 тыс. беженцев из Восточной Пруссии. Загруженный сверх меры, он был последним судном, которому перед самым падением Кенигсберга (ныне Калининград) удалось выйти из порта Пиллау (Балтийск).

После года послевоенной эксплуатации под английским флагом под именем «Вперед, Империя», бывший «Марс» был передан по репарациям Советскому Союзу и переименован в «Экватор». В 1947 г. судно передали Институту океанологии АН СССР, и оно получило новое имя — «Витязь» — в память о знаменитом русском парусно-винтовом корвете, совершившем в 1886—1889 гг. под командованием С. О. Макарова кругосветное плавание. Затем судно прошло переоборудование в Висмаре (ГДР).

ПЯТЬДЕСЯТ ЛЕТ назад, в 1949 г., над белоснежным судном взвился вымпел Академии наук. В том же году «Витязь» впервые вошел в бухту Золотой Рог. С тех пор без малого тридцать лет он выходил из Владивостока в Мировой океан для проведения различных исследований. За эти годы судно совершило 65 научных рейсов по просторам Атлантического, Тихого и Индийского океанов, оставив за кормой 800 тыс. морских миль, что примерно равно сорока кругосветкам. В этих рейсах принимали участие специалисты и ученые из 65 институтов страны и 14 стран мира. Ими описано свыше 1100 новых видов, установлено более 170 новых родов, 25 новых семейств животных и растений; на карты нанесено более 50 новых географических названий.

Экспедиции «Витязя» — целая эпоха открытий в Мировом океане. В 1958 г. по программе Международного геофизического года с «Витязя» выполняли промер глубин Марианской впадины. Когда эхолот зафиксировал наибольшую глубину, с помощью судовой лебедки, на барабан которой было намотано 14 км толстого стального троса, на дно спустили фотокамеру. Сделали семь снимков, и трос оборвался. Ударившись о дно, камера последний раз осветила вспышкой вечную темноту Марианской впадины. Ученые рассчитали глубину этого места — 11 022 м. Никто ни до, ни после больших глубин в океане не фиксировал.

Другим выдающимся открытием, уже биологов, считается обнаружение новых видов глубоководных рыб; при этом было опровергнуто бытовавшее мнение, что глубины более 6000 м необитаемы. Моряки-биологи открыли и последний, 23-й тип живых организмов в природе — это погонофоры, обитающие на больших глубинах и в высокотемпературных условиях (например, в районах извержения подводных вулканов). Поверхностное течение вдоль экватора тоже было зарегистрировано с борта «Витязя».

НИС «Витязь» — главный экспонат Музея Мирового океана в Калининграде (фото Манфреда Хайнриха)

За три десятка лет корабль посетил 100 портов 49 стран мира. Ему отдавали почести генерал-губернаторы и премьер-министры, на его борт поднимались Жак Ив Кусто, Тур Хейердал и многие другие знаменитости.

ДВАДЦАТЬ ЛЕТ назад, в 1979 г., состарившийся «Витязь» совершил свой последний рейс из Владивостока в Калининград. Больше выйти в море ему было не суждено (корабль исключен из состава флота в 1980 г.). Дальнейшая судьба корабля науки, возродившего славу русских кругосветных экспедиций, решалась на уровне правительства долгих 11 лет.

12 апреля 1990 г. Советом Министров наконец-то было принято решение о сохранении НИС «Витязь» и создании на его борту Музея Мирового океана в городе Калининграде. Сейчас этот день отмечается как день рождения музея.

ПЯТЬ ЛЕТ назад, в 1994 г., отреставрированное судно заняло свое место на реке Преголи. Четырежды занесенный в книгу рекордов Гиннеса, «Витязь» стал кораблем-музеем в России.

Музей Мирового океана сегодня — это корабль «Витязь» с музейными экспозициями: «Россия открывает океан» (об исследовании Мирового океана российскими мореплавателями) и «Удивительный мир океана» (экскурсия по биологическим лабораториям судна). С начала нынешнего лета посетителям предлагается новая экскурсия — «Корабль науки» (маршрут по судну с посещением рубок, камбуза, машинного отделения). Кроме самого судна к музею относятся два здания, в которых располагаются библиотека и «кают-компания», где проводят свои заседания клубы капитанов, полярников, яхтсменов и китобоев, а также выставочный зал, в стенах которого проходят выставки, лекции и музыкальные вечера.

«Витязь» как самый главный экспонат музея продолжает нести свою научную вахту. 24—29 сентября 1999 г. на его борту состоится II международная конференция «История отечественной океанологии». Основная задача конференции — оценить вклад океанологических исследований, проведенных «Витязем», закрепить отечественные приоритеты в изучении Мирового океана. Эта конференция будет прелюдией к большому событию в жизни музея. В 2003 г. в Калининграде на базе музея планируется провести 7-й Международный конгресс по истории океанографии под эгидой ЮНЕСКО. Это говорит о том, что Музей Мирового океана признан как центр истории изучения океана. В недалеком будущем начнется строительство главного корпуса музея, в котором разместятся морские аквариумы, морские коллекции. Здесь же будет научно-познавательный центр. Проект этого необычного сооружения, которое должно стать украшением города, уже подготовлен Валентином Гавриловым, членом правления Санкт-Петербургского Союза архитекторов.

Уникальный музей живет и развивается. У его директора Светланы Сивковой и сотрудников еще немало творческих идей. Так пожелаем им «семь футов под килем» во всех их начинаниях.

Надежда Хворостухина,
научный сотрудник Музея Мирового океана

НА 5-й МЕЖДУНАРОДНОЙ ВЫСТАВКЕ «НЕФТЬ И ГАЗ»

Отечественная наука имеет большое значение для развития нефтяной и газовой промышленности страны. Знания и опыт российских специалистов помогают разрабатывать новые технологии и эффективное оборудование. В то же время российская наука и производство в этой области всегда открыты для передового зарубежного опыта. Для этого используются различные виды международного научно-технического сотрудничества, что наглядно показала 5-я Международная выставка «Нефть и газ», прошедшая 21—24 июня 1999 г. в выставочном комплексе ЗАО «Экспоцентр» на Красной Пресне в Москве.

Локализация разлива нефти на шельфе Норвегии с помощью специального бонового заграждения датской фирмы Ro-Clean Desmi A/S

С момента проведения предыдущей выставки в апреле 1997 г. Россия испытала серьезные экономические трудности, которые не могли не отразиться на ситуации в нефтегазовой отрасли. Однако, несмотря на экономические проблемы, многие компании остались верны российскому рынку, о чем свидетельствует количество и качество экспонатов на выставке этого года. Выставка «Нефть и газ» проводилась при поддержке Министерства топлива и энергетики РФ, Министерства экономики РФ, Государственного комитета РФ по защите окружающей среды, Министерства природных ресурсов РФ. Главным организатором выставки являлась английская компания ITE Group, в частности, ее отдел нефти и газа.

В двух выставочных павильонах были представлены экспонаты около 700 компаний, использующих новейшие технологии в области поиска, добычи и транспортировки нефти и газа. Традиционно в этой выставке участвовали и предприятия судостроительной промышленности, так как решение таких важных вопросов, как перевозка нефти, разработка нефтегазовых месторождений на шельфе, создание и эксплуатация плавучих буровых установок, а также очистка моря от разливов нефти, не обходятся без судостроителей.

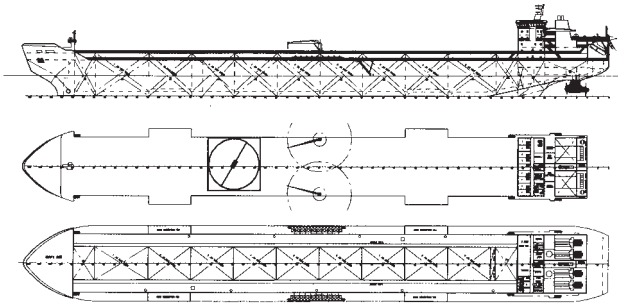
Переговоры на стенде фирмы «Валком»

В этом году, однако, первенствовали в области судостроения на выставке «Нефть и газ» иностранные фирмы, имеющие свои представительства в России и работающие в тесном контакте с отечественными судостроителями. Так, большое впечатление произвел стенд Kvaerner Masa—Yards Inc. — финской судостроительной фирмы, которая строит не только круизные лайнеры и автомобильно-пассажирские паромы, но и известна своими ледоколами, газовозами, танкерами ледового плавания и др. Фирма представляла танкер двойного действия, способный продвигаться кормой вперед при работе в суровых ледовых условиях, «ледовый причал» для перегрузки нефти на шельфе в Печорском море в условиях дрейфующего льда, а также ряд специальных судов, предназначенных для работы на континентальном шельфе. С большой гордостью представители фирмы говорили о конструкции нового гребного винта, разработанного совместно со специалистами ГМП «Звездочка» и Балтийского завода.

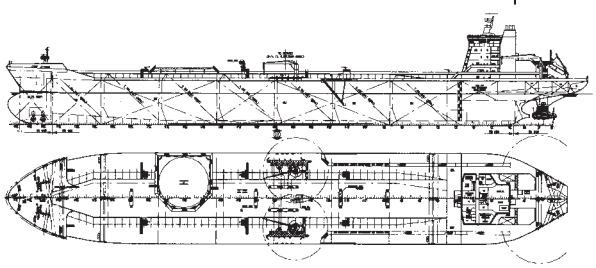
Российское государственное научно-производственное предприятие «Азимут», компания «Промтех», группа «Национальные водные ресурсы», фирмы Ro-Clean Desmi, R&B Industrial Supply Company, Lamor Corporation,

Щеточный нефтесборщик типа «Offshore» финской фирмы Lamor Corporation Ab может быть установлен практически на любое судно. Производительность 40—500 м^3/ч, содержание воды в собранной смеси 5—10%

а)



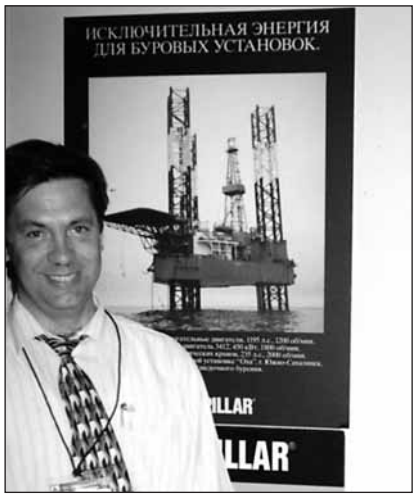
б)



Разработанная и запатентованная финской фирмой Kvaerner Masa-Yards Inc. концепция танкера двойного действия (Double Acting Tanker—DAT). Носовые обводы танкера типа DAT являются оптимальными для плавания на чистой воде, а в ледовых условиях судно двигается кормой вперед: *а* — «Ob—Max» — проект танкера дедвейтом 40 000 т с осадкой 9 м для круглогодичного плавания по Оби; *б* — «Pechora Tanker» — проект танкера дедвейтом 90 000 т для Арктики

Elastec/American Marin и ряд других представляли широкий спектр оборудования для очистки моря от разливов нефти и охраны окружающей среды — от специализированных судов-нефтесборщиков до локальных систем нефтеочистки воды и прибрежной полосы. Большой интерес вызывали легкие катера-нефтесборщики, предназначенные для сбора нефти в устьях рек, озерах и портах. В таких нефтесборщиках используется специальная щеточная система, обеспечивающая высокую производительность сбора топлива при малом заборе воды. Посетители выставки оценили также оригинальную конструкцию мелкосидящих многоцелевых катамаранов, оборудованных нефтесборочными системами.

Оборудование для морского бурения, разведки нефтяных и газовых месторождений на морском шельфе, добычи нефти и газа рекламировали российские компании «Роснефть» и «ЛУКойл», французские Bouygues Offshore и Gaz De France, «Казахстанский Катерпиллер», «Белоруснефть». Однако если западные партнеры России привлекали посетителей красочностью стендов, российские фирмы, производящие технику для морской добычи нефти, контрольно-измерительные приборы, аппаратуру для обеспечения взрыво- и пожаробезопасности, средства монтажа, защиты от коррозии и другое необходимое при добыче и перевозке нефти оборудование, предпочитали демонстрировать конкретные разработки. Поэтому всегда было многолюдно на стендах Курганского завода трубопроводной арматуры, Волжского трубного завода, ОАО «Волгобурмаш», института «Гипровостокнефть», петербургского завода «Измерон», производящего ловильный и режущий инструмент для ремонта и эксплуатации скважин, фирмы «Валком», выпускающей системы учета нефтепродуктов, датчики и сигнализаторы уровня заполнения, давления и температуры для судовых танков, Рязанского приборного завода и др. Многие из демонстрировавшихся экспонатов, безусловно, могут с успехом использоваться в судостроении.



Фирма Caterpillar Overseas S. A. поставляет двигатели различного назначения, в том числе для плавучих буровых установок

Следует заметить, что все большее число новых разработок, предлагаемых в последнее время российскими предприятиями, имеют сертификаты качества по стандарту ISO и могут активно соперничать с западными аналогами.

ЗАРУБЕЖНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Спуск головного универсального сухогруза нового проекта «Baltik» состоялся 10 марта 1999 г. на словацкой верфи Slovenske Lodenice. Это первое в серии из четырех (плюс 6 опцион) судов дедвейтом 5450 т, заказанных судоходной компанией Schiffahrtskontor for Worden (ФРГ). Судно имеет размерения 99,98/95 x 16,5 x 8 м, осадку 6,1 м и валовую вместимость 4150 рег. т. Объем грузовых трюмов 7850 м^3, контейнеровместимость 345 TEU (включая 204 TEU на палубе). Главный двигатель мощностью 3360 кВт при 750 об/мин обеспечит судну эксплуатационную скорость около 13 уз. Жилые помещения рассчитаны на 14 чел. При проектировании особое внимание уделялось вопросам охраны окружающей среды. В 1998 г. верфь построила шесть судов типа Schelde, пять — типа Ryn и три судна типа Leda. Их основными заказчиками были компании Германии (8 ед.); по три судна поставлено в Голландию и СНГ (*SLK News. 1999. № 2. April*).

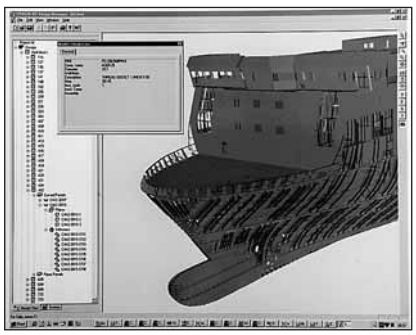
Спуск универсального сухогруза нового проекта «Baltic» на верфи Slovenske Lodenice

TRIBON M1 — новое поколение своей известной компьютерной системы для судостроения начала распространять в июне 1999 г. шведская фирма Kockums Computer Systems. Система, использующая Microsoft NT, устанавливает новые стандарты работы, обеспечивающие облегчение инсталляции, упрощение эксплуатации в случае применения трехмерных моделей в разработках и управлении процессами. TRIBON M1 предоставляет также большие возможности для взаимодействия компаний через Internet при разработке проектов. Обеспечиваются трехмерное моделирование и визуализация объектов при пользовании стандартными персональными компьютерами. Предусмотрено, что пользователь может применять свои собственные программы и контролировать результаты проектирования в соответствии с конкретными требованиями верфи (Rule-based Automated Design). Для TRIBON M1 решена и известная проблема 2000 г. (*KCS Press Release. 1999. 10/VI*).

Vickers Ulstein Marine System Division — новая фирма, созданная в начале мая этого года после приобретения английским концерном Vickers норвежской группы фирм Ulstein Holding (кроме верфей). Фирма, включившая в себя Marine Division of Viskers (вместе с Kamewa Group), имеет около 40 дочерних предприятий в разных странах и более 5000 чел. персонала. Ее специализация — проектирование, производство, поставка и обслуживание интегрированных судовых комплексов и систем — пропульсивных, позиционирования, подруливающих, лебедочных, управления, контроля и др.

Kamewa, входящая в новую фирму, недавно заключила соглашение с американской компанией FastShip, которая намерена создать высокоскоростной контейнеровоз для трансатлантических рейсов, на разработку крупнейших в мире водометов с заборным отверстием диаметром 3,25 м. Пять таких водометов с приводом мощностью 50 МВт каждый должны обеспечить контейнеровозу эксплуатационную скорость от 36 до 40 уз (*Marine Solutions. 1999. June. P. 3, 16*).

Водонепроницаемые закрытия, установленные в феврале этого года на автомобильно-пассажирском пароме «Isabella» (35 000 рег. т, 2200 пассажиров, год постройки — 1989), который эксплуатируется компанией Viking Line на линии Хельсинки/Турку — Стокгольм, относятся



Фрагмент результатов компьютерного проектирования с помощью системы TRIBON M1

к третьему поколению подобных устройств, разработанных фирмой MacGREGOR для уменьшения площади свободной поверхности воды в случае ее попадания на автомобильную палубу. Каждое из двух подвижных закрытий имеет ширину 12 м, высоту 4 м и состоит из четырех алюминиевых секций. Во время грузовых операций закрытия располагаются вдоль диаметральной плоскости, не мешая въезду/выезду автомобилей. После их окончания закрытия перемещаются с помощью гидравлики, образуя поперечный водонепроницаемый барьер (*MacGREGOR News. 1999. Issue 137. Spring. P. 8-9*).

Первыми судами, построенными в Литве на класс Lloyd's Register (LR), стали буксиры «Frigga» и «Freja» валовой вместимостью 466 рег. т. Они сданы в 1998 г. верфью Baltija-Odense-Lindo Yard (бывший судостроительный завод «Балтия») в Клайпеде. Третий аналогичный буксир с двумя полноповоротными винторулевыми колонками планировалось сдать в начале 1999 г.; все три судна заказаны датской компанией. Верфь сейчас осуществляет постройку серии из четырех судов-снабженцев валовой вместимостью по 1680 рег. т также для датского заказчика.

Пятый серийный танкер-продуктовоз «Theodoros JV» дедвейтом 45 000 т, построенный Черноморским судостроительным заводом (Николаев) для греческой компании Varnima Group, тоже имеет класс LR. Под наблюдением LR заводом «Ленинская кузница» (Киев) в прошлом году построены два корпуса речных танкеров-химовозов для голландской компании.

В России на классе LR в 1998 г. строились следующие суда: на Волгоградском судостроительном заводе — танкеры дедвейтом 6500 т для компании «ЛУКойл» (один сдан, три были в постройке в серии из 10 ед.); в Астрахани — два корпуса (плюс один формировался) дедвейтом по 6000 т для голландской компании Wijnen; ПО «СМП» в Северодвинске сдало четыре корпуса буксиров для голландской фирмы Damen (еще восемь заказано) и в постройке находилось два 100-метровых морских понтона в серии из 10 ед.; завод «Пелла» в Санкт-Петербурге имел заказ на четыре корпуса буксиров для фирмы «Damen»; завод «Кама» в Перми строил два речных танкера-химовоза для голландской фирмы Rensen и два корпуса для Damen; завод «Янтарь» в Калининграде получил заказ на постройку четырех корпусов речных контейнеровозов (*Annual Review of The LR Grounp. 1998. P. 45, 46, 59*).

1998 г. был наиболее сложным для китайской судостроительной промышленности за последнее десятилетие. Азиатский финансовый кризис, девальвация южнокорейского вона и японской иены, активная политика снижения цен на суда южнокорейской постройки — все это не могло не сказаться на конкурентоспособности продукции верфей КНР. По отношению к 1997 г. китайские судостроительные предприятия получили в 1998 г. только 40% заказов, а экспорт снизился в еще большей степени. Несколько улучшили положение налоговые льготы на экспортную продукцию верфей, введенные в июне, а затем в октябре прошлого года. Однако, поскольку китайские судостроители продолжали в основном придерживаться принципа «нет прибыли — нет заказа», а средние цены на международном судостроительном рынке оказывались ниже себестоимости постройки судов, портфель заказов продолжал уменьшаться. Тем не менее, в 1998 г. китайские верфи заняли третье после Японии и Южной Кореи, место в мировом судостроении по дедвейту и количеству построенных (сданных заказчикам) судов — соответственно 14 918 604 т/403 ед., 12 127 679 т/148 ед. и 2 799 467 т/109 ед. (данные независимого анализа журнала The Motor Ship по судам дедвейтом свыше 2000 т).

Проектное изображение трансатлантического высокоскоростного контейнеровоза с пятью крупнейшими в мире водометами Kamewa

Объемы работ (в млн дол.) первых десяти верфей КНР в 1998 г. были следующими: Hu Dong Shipbuilding Gronp — 341,93; Dalian Shipyard — 283,74; Dalian New Shipyard — 270,03; Jiang Nan Shipbuilding Group — 238,96; Gangzho Shipyard International — 160,25; Jiang Yang Shipbuilding Group — 124,75; Zhou Hua Shipyard — 119,33; Wu Chang Shipyard — 89,04; Qiu Xin Shipyard — 83,37; Shanghai Shipyard — 78,98.

По мнению китайских судостроителей, в ближайшие годы им необходимо учитывать следующие пять важнейших моментов:

1. Азиатский финансовый кризис, вероятнее всего, не закончится в короткие сроки, тем более, что прогнозы развития мировой экономики отнюдь не оптимистичные. Поэтому не следует ожидать улучшение ситуации на международном рынке новых судов;

2. В прошлом году многие судовладельцы заказали новые суда (до 4,3 млн т дедвейта), воспользовавшись благоприятной ценовой конъюнктурой. Эти заказы, которые будут сдаваться в ближайшие два года, не будут способствовать общему оздоровлению судостроения. Заключать же новые контракты в увеличенных объемах судоходные компании, как полагают, не склонны;

3. Несмотря на кризис, высока вероятность повышения обменного курса вона и иены, что может сдержать падение цен на новые суда;

4. Старение китайского флота в сочетании с тенденцией к его экспансии в торговом судоходстве обусловливает возможность роста заказов от китайских судовладельцев. Полагают, что в ближайшие четыре года они разместят на верфях КНР заказы примерно на 120 новых судов суммарным дедвейтом около 5 млн т;

5. Увеличивается значение высокосложных дорогих судов в портфеле заказов передовых верфей, и китайские судостроители стремятся включиться в борьбу за получение таких заказов (*The Motor Ship. 1999. Vol. 80. N 947. VI. P. 22—25*).

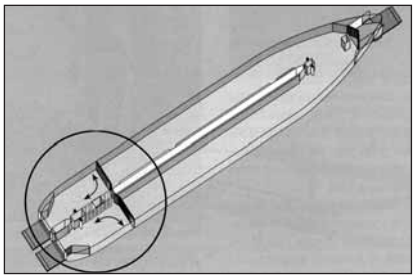


Схема расположения подвижных водонепроницаемых закрытий фирмы MacGREGOR на пароме «Isabella»

ПОПРАВКА

В журнале «Судостроение» № 2/1999 г. в подборке «Новые технологии, оборудование, материалы» на стр. 34 напечатана заметка «Бескабельный плавучий технологический комплекс измерений и электромагнитной обработки кораблей». Автором данного проекта, защищенного патентами РФ, является ЗАО НПЦ «Техноэф», СПб.

РЕФЕРАТЫ

Ключевые слова: катер, ракета, скорость, охрана, граница.

Шляхтенко А. В. ЦМКБ «Алмаз» — 50 лет»//Судостроение. 1999. № 4. С. 3—6.
Приведены этапы деятельности ЦМКБ «Алмаз» за 50 лет, указаны основные реализованные проекты и их главные конструкторы. Ил. 10.

Ключевые слова: корвет, сторожевой корабль, постройка.

Гаврилов В. Г. «Новик» — наследник легенды//Судостроение. 1999. № 4. С. 7.
Краткая информация о многоцелевом сторожевом корабле «Новик» и перспективах создания корветов по отечественным проектам, разрабатываемым в ЦМКБ «Алмаз». Ил. 1.

Ключевые слова: сторожевой корабль, катер на воздушной подушке, пограничная охрана.

Ивченко А. Л. Корабли «Алмаза» на защите морских границ//Судостроение. 1999. № 4. С. 8—10.
Рассматриваются результаты работы бюро по созданию кораблей для пограничной службы, а также перспективы создания новых кораблей водоизмещением от 10 до 2000 т согласно разработанной концепции комплексного решения вопросов охраны государственной границы и экономической зоны. Ил. 6.

Ключевые слова: боевой катер, верфь, проект.

Городянко А. А. У истоков отечественного катеростроения//Судостроение. 1999. № 4. С.10—13.
История создания в Санкт-Петербурге на базе верфи Золотова современного производства для проектирования и выпуска боевых кораблей для пограничников. Ил. 4.

Ключевые слова: ракетный катер, прототип, водоизмещение, стартовый двигатель, корпус, газовая струя.

Проектирование и строительство ракетных катеров в послевоенный период//Судостроение. 1999. № 4. С. 13—15.
Дается описание особенностей проектирования и испытаний первых в мире ракетных катеров пр. 183Р, 205 и др. Ил. 4.

Ключевые слова: судно на воздушной подушке, десант, амфибия.

Абрамовский В. А. Амфибийные десантные корабли: от «Ската» до «Зубра»//Судостроение. 1999. № 4. С. 16—18.
Этапы проектирования в ЦМКБ «Алмаз» и постройки амфибийных десантных кораблей на воздушной подушке, включая крупнейшие в мире типа «Зубр». Ил. 7.

Ключевые слова: катамаран, ракетный корабль, воздушная подушка.

Корольков В. И. «Бора» и «Самум»: ударные корабли скегового типа — приоритет России//Судостроение. 1999. № 4. С. 19—21.
Рассматриваются особенности кораблей «Бора» и «Самум» на воздушной подушке скегового типа. Эти быстроходные корабли проекта 1239 используют новую гидродинамическую платформу — катамаран с аэростатической воздушной разгрузкой. Ил. 3.

Ключевые слова: ракетный корабль, подводные крылья, опытная эксплуатация.

Кузенков А. Крылатый «Ураган»//Судостроение. 1999. № 4. С. 21—23.
Приводится краткое описание процесса создания и опыта эксплуатации малого ракетного корабля пр. 1240 («Ураган») на глубокопогруженных автоматически управляемых подводных крыльях. Ил. 2.

Ключевые слова: ракета, подводная лодка, судно на подводных крыльях.

Афрамеев Э. А. Проектный эксперимент: быстроходный катер—подводная лодка//Судостроение. 1999. № 4. С. 23—26.
Описана попытка создания принципиально нового типа корабля — малого погружающегося ракетоносца, совмещающего в себе противоречивые качества подводной лодки и скоростного надводного корабля на подводных крыльях. Ил. 3. Табл. 2.

УДК 061.5:621.574:623.82 **Ключевые слова:** ВМФ, холодильное оборудование, кондиционеры, типы.

Сильман М. А. Завод «Компрессор» — Военно-Морскому Флоту России//Судостроение. 1999. № 4. С. 27—33.
Рассказывается о вкладе московского завода «Компрессор», которому исполняется 130 лет, в военное кораблестроение — оснащении кораблей и лодок ВМФ холодильным оборудованием, системами кондиционирования воздуха нетрадиционной конструкции и компоновки. Ил. 6. Библиогр.: 10 назв.

УДК 621.355:621.313.322-843.6:623.827 **Ключевые слова:** подводная лодка, аккумулятор, панцирный электрод, ресурс, характеристики.

Никифоров Б. В., Русин А. И., Скачков Ю. В. Российские аккумуляторы нового поколения для ДЭПЛ//Судостроение. 1999. № 4. С. 33—34.
Рассматриваются вопросы повышения ресурсных характеристик аккумулятора. Выполнен анализ основных конструктивных решений с целью обеспечения снижения газовыделения и повышения энергоемкости. Приведены результаты тестов новых аккумуляторов и сравнения основных характеристик с существующими. Показано, что использование современных аккумуляторов обеспечивает достижение высоких технических характеристик дизель-электрических подводных лодок. Ил. 4.

УДК 629.5.03-83 **Ключевые слова:** суда, гребные электродвигатели, винторулевые комплексы.

Касатов В. А., Романовский В. В. Системы электродвижения для перспективных типов судов//Судостроение. 1999. № 4. С. 35—37.
Приводятся сведения по перспективным системам электродвижения, включая установки с соосными винтами противоположного вращения с приводом от гребного электродвигателя специального исполнения. Рассматриваются вопросы использованиясудовых систем электродвижения, а также сопоставительные характеристики для разных типов энергетических установок, используемых на морских судах. Ил. 2. Табл. 1. Библиогр.: 7 назв.

УДК 66.067:629.5.045.652 **Ключевые слова:** топливо, цистерна, загрязнение, зачистка.

Куляев О. П., Сахаров В. И. Усовершенствованная конструкция судовой топливной цистерны//Судостроение. 1999. № 4. С. 37—39.
Дается описание конструкции судовой топливной цистерны с устройством для предотвращения вторичного загрязнения топлива продукции отстоя в процессе эксплуатации. Ил. 6.

УДК 681.3:629.5.05 **Ключевые слова:** Проблема 2000, программное обеспечение, навигационные системы.

Яновский А. И., Чернявец В. В. «Проблема 2000» для судовых систем//Судостроение. 1999. № 4. С. 42—44.
Освещаются вопросы по проблеме перехода в новое столетие для различных информационно-вычислительных систем, в том числе и навигационных. Представлены возможные ошибки в связи с «Проблемой 2000». Даются рекомендации по тестированию систем и методам устранения ошибок, связанных с некорректным представлением дат в вычислительных системах. Ил. 1. Библиогр.: 3 назв.

УДК 338.77:629.5 **Ключевые слова:** судостроение, протекционизм, конкуренция.

Коледова Т. А., Якушева Д. А. Международная практика поддержки судостроения//Судостроение. 1999. № 4. С. 46—49.
Дается обзор методов и форм государственной поддержки гражданского судостроения в различных странах для обеспечения конкурентоспособности национальных верфей на международном рынке. Табл. 1.

УДК 669.017-419.8:629.563.2 **Ключевые слова:** плавучие установки, ледовый пояс обшивки, износ.

Горынин И. В., Легостаев Ю. Л., Малышевский В. А. Конструкционные материалы для освоения углеводородных месторождений арктического шельфа//Судостроение. 1999. № 4. С. 50—56.

Предлагаются меры по разработке и внедрению новых конструкционных материалов для плавучих технических средств и другие технические решения, способствующие освоению месторождений углеводородов на российском шельфе, обеспечивающие повышение ресурса указанных технических средств, эксплуатируемых в ледовых условиях. Ил. 6. Табл. 1.

УДК 621.791.753 **Ключевые слова:** порошковая проволока, тип, диаметр, характеристика.

Грищенко Л. В., Шарапов М. Г., Бишоков Р. В. Разработка и внедрение в судостроении порошковой проволоки малого диаметра для сварки низколегированных сталей//Судостроение. 1999. № 4. С. 57—58.

Приводится краткий обзор развития и применения в России и за рубежом порошковой проволоки малого диаметра, а также характеристики отечественной низколегированной порошковой проволоки 48ПП—8Н в сравнении с зарубежными аналогами. Табл. 2. Библиогр.: 6 назв.

УДК 629.5.024:678.067.5 **Ключевые слова:** полимер, стеклопластик, корпус.

Николаев Г. И., Панфилов Н. А. Полимерные композиционные материалы судостроительного назначения//Судостроение. 1999. № 4. С. 59—61.

Обзор свойств конструкционных (полиэфирных), а также специальных стеклопластиков, применяемых в судостроении. Ил. 4. Табл. 2.

УДК 669.295:629.5 **Ключевые слова:** судостроение, титан, прогресс.

Ушков С. С., Кудрявцев А. С., Карасев Э. А. Использование титана и легких сплавов в судостроении//Судостроение. 1999. № 4. С. 61—66.

Рассказывается о роли ЦНИИ КМ «Прометей» в создании металлургического производства титана и его применении в судостроении, что явилось одним из важнейших направлений за 60-летний период деятельности института. Уникальные свойства титана и его сплавов должны обеспечить технический прогресс в ряде областей техники в XXI веке. Ил. 4. Табл. 3. Библиогр.: 16 назв.

ABSTRACTS

Shlyakhtenko A.V. CMDB «Almaz» is 50 years old

The paper describes the main stages of activities of CMSB «Almaz» during 50 years of its existence, the main completed projects and project leaders are cited.

Gavrilov V.G. «Novik» — successor of the legend

A brief information is presented on multimission patrol ship «Novik» and prospects for construction of corvettes to domestic designs developed by CMDB «Almaz».

Ivchenko A.L. «Almaz» — designed ships guarding the sea frontiers

The paper deals with work of CMDB»Almaz» in the design of ships for Coast Guard, as well as prospects of the development of new ships from 10 to 2000 dwt within the framework of approved concept of all-round protection of sea frontier and economic zone.

Gorodyanko A.A. At the outset of domestic boat building

A story of setting up modern design and production facilities at Zolotov shipyard in Saint-Petersburg for the building of combat ships for Coast Guard.

Design and construction of guided-missile boats during the post-war period

Features of the design and tests of the world's first guided-missile boats of type 183P, 205 and others are described.

Abramovsky V.A. Landing ships: from «Skat» to «Zubr»

The paper describes stages of the design in CMDB «Almaz» and construction of air-cushion landing ships, including the world's largest «Zubr» landing ship

Korolkov V.I. «Bora» and «Samum»: attack ships of skeg type — Russia's priority

Features of skeg-type air-cushion ships «Bora» and «Samum» are considered. These fast ships of type 1239 employ a new hydrodynamic platform involving catamaran with aerostatic negative pressure.

Kuzenkov A. Winged «Uragan»

The paper describes the development and service experience with small missile- guided ship of type 1240 («Uragan»). The ship is equipped with deeply-submerged automatically-controlled hydrofoils.

Aframeev E.A. Conceptual experiment: combination of a fast boat and submarine

The paper describes an attempt to develop a drastically new type of ship: a small submerging missile-carrier combining contradictory properties of a submarine and a fast hydrofoil ship.

Silman M.A. «Compressor» plant — to Russian Navy

Contribution of «Compressor» plant in Moscow into naval shipbuilding: the 130th anniversary of outfitting of surface warships and submarines with refrigerating equipment and air-conditioning systems of non-traditional design and layout.

Nikiforov B.V., Rusin A.I., Skachkov Yu.V. Russian storage batteries of new generation for DES

The ways to increase service life of storage batteries are discussed. An analysis is made of the main design solutions aimed at reduction of gassing and raising of energy potential. Results of new storage batteries testing are given, as well as comparison of their main characteristics with those of existing batteries. It is shown that the use of such advanced batteries guarantees higher technical characteristics of diesel-electric submarines.

Kasatov V.A., Romanovsky V.V.. Electrical propulsion systems for main types of vessels

Data are given on most promising systems of electrical propulsion for icebreakers and ice navigation vessels, including power installations with coaxial contra- rotating propellers driven by a propulsion motor in special design version or with screw-rudders. Issues of electrical propulsion application in ferries and tankers are discussed, characteristics of various types of powerplants employed aboard sea- going vessels are compared.

Kylyaev O.P., Sakharov V.I. Improved design of shipboard fuel tank

A description is offered of a shipboard fuel tank with a device preventing a repeated contamination of fuel with sediments in the course of operation.

Yanovsky A.I., Chernyavets V.V. Problem «Year 2000» for shipboard systems

The authors discuss the problem of transition into the next millenium for various data computing systems, including navigation systems. Possible errors connected with «Year 2000» problem are analyzed. Recommendations are given for system testing and methods of elimination of errors caused by incorrect date presentation in computing systems.

Koledova T.A., Yakusheva D.A.. International practice of shipbuilding support

Reviewed by the authors are methods and forms of state support for merchant shipbuilding in various countries aimed to improve the competitive ability of national shipyards at the international markets.

Gorynin I.V., Legostaev Yu.L., Malyshevsky V.A. Structural materials for development of hydrocarbon deposits on the Arctic shelf

Measures are suggested for development and introduction of new structural materials for floating engineering objects and other technical solutions promoting exploitation of hydrocarbon deposits on the Russian continental shelf, helping to increase the service life of the engineering facilities operating in ice conditions.

Grishchenko L.V., Sharapov N.G., Bishokov R.V. Development and implementation in shipbuilding of small-diameter flux-cored wire for welding of low-alloy steels

The authors present a brief review of development and application in Russia and other countries of small-diameter flux-cored wire. Characteristics of Russian low- alloy flux-cored wire 48ПП-8Н are compared with foreign analogs.

Nikolaev G.I., Panfilov N.A. Polymer composite materials for application in shipbuilding

Review of properties of structural (polyester) and special glass-reinforced plastics used in shipbuilding.

Ushkov S.S., Kudryavtsev A.S., Karasev E. Use of titanium and light alloys in shipbuilding

The authors describe the part played by CRI SM «Prometei» in setting-up of metallurgical production of titanium and its application in shipbuilding, which was one of the most important directions of the Institute's activities during the 60 years of its existence. Unique properties of titanium and its alloys must ensure engineering progress in a number of technical industries in the 21st century.