

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

Учредители:

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

СУДОСТРОЕНИЕ

№ 1 2000

(728) январь—февраль
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», 2000

СОДЕРЖАНИЕ

НА ПРЕДПРИЯТИЯХ СУДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ	3
ПРОЕКТИРОВАНИЕ СУДОВ	
Афрамеев Э. А. Перспективы экранопланостроения	9
Зайнуллин О. Ф., Ратников Н. В. Непотопляемость подводных лодок: новые расчетные методы и технологии	14
Жинкин В. Б. Влияние дифферента на ходовые качества судна	17
Бобков Л. М., Блинов В. И. К вопросу о проектировании сверхскоростных парусных катамаранов на подводных крыльях	20
ВОЕННОЕ КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ	
Шмаков Р. А. Создание атомных подводных лодок проектов 671, 671РТ и 671РТМ	24
Дронов Б. Ф., Кутейников А. В. Кораблестроитель С. А. Базилевский	33
СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ	
Халиуллин Ю. М., Темнов В. Н., Мошков В. Н. Корабельные анаэробные неатомные энергетические установки на безгазовом топливе	36
Ярошенко А. В. Математическое описание технологической взаимозависимости всех систем и механизмов корабля и алгоритм его практического применения	40
ЭЛЕКТРО- И РАДИООБОРУДОВАНИЕ СУДОВ	
Приходько В. М. Энергосберегающий универсальный тиристорный преобразователь	44
Агунов А. В., Дмитриев Б. Ф., Красавчиков В. Г. Параллельное соединение транзисторов IGBT в составных транзисторных ключах	46
ТЕХНОЛОГИЯ СУДОСТРОЕНИЯ И МАШИНОСТРОЕНИЯ	
Горбач В. Д., Соколов О. Г., Левшаков В. М., Чабан В. Л., Васильев А. А., Игнатов А. Г. Опыт использования лазерных технологий в судостроении	49
Лукьянов Н. П., Хвалынский В. Н., Шабаршин В. П. Конференция «Технология судостроения и судоремонта на пороге XXI века»	54
ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОТДЕЛ	
Пастухов В. П. Шестидесятилетие «Севмаша» (57). Субботин В. А. Судомодельный спорт в Приморье (61). «Voyager of the Seas» — крупнейший в мире круизный лайнер (63). Зарубежная информация (66). Положение о Российском агентстве по судостроению (68). На конференции «Моринтех-99» (35). Куроедов В. И., Лопатин В. Н. «Спасем крейсер!» (43). Выставки и конференции в 2000 году (48). Тихомиров А. Н. «Транстех Нева» в 2000 году (56).	
ИСТОРИЯ СУДОСТРОЕНИЯ	
Павлов А. С. Развитие судоходства на Енисее	72
Муру Н. П. Почему не был поднят линкор «Свободная Россия»	75
Ермаш Л. Л. Создатель бронекатеров	78

SUDOSTROENIE

SHIPBUILDING

(728) January—February

Published since September 1898

№ 1

2000

CONTENTS

AT THE SHIPYARDS	3
SHIP DESIGN	
Aframeev E. A. The outlook for ekranoplan building	9
Zainullin O. F., Ratnikov N. V. Unsinkability of submarines: new design methods and technologies	14
Zhinkin V. B. The effect of trim on the propulsive performance of a ship	17
Bobkov L. M., Blinov V. I. On the design of superfast hydrofoil-sailing catamarans	20
NAVAL SHIPBUILDING	
Shmakov R. A. Creation of nuclear submarines of designs 671, 671 RT and 671 PTM	24
Dronov B. F., Kuteinikov A. V. Shipbuilder S. A. Basilevsky	33
SHIPBOARD POWER PLANTS	
Khaliullin Yu. M., Temnov V. N., Moshkov V. N. Marine anaerobic non-nuclear powerplants operating on gas-free fuel	36
Yaroshenko A. V. Mathematical description of technological interrelationship between ship systems and machinery and an algorithm of its practical application	40
MARINE ELECTRICAL AND RADIO EQUIPMENT	
Prikhodko V. M. Energy-saving universal thyristor converter	44
Agunov A. V., Dmitriev B. V., Krasavchikov V. G. Parallel connection of IGBT transistors in composite transistor switches	46
SHIPBUILDING AND MARINE ENGINEERING TECHNOLOGIES	
Gorbach V. D., Sokolov O. G., Levshakov V. M., Chaban V. L., Vasiliev A. A., Ignatov A. G. Experience with application of laser technologies in shipbuilding	49
Lukianov N. P., Khvalynsky V. N., Shabarshin V. P. Conference «Shipbuilding and repair technology at the turn of the 21st century»	54
INFORMATION SECTION	
Pastukhov V. P. 60 years of «Sevmach» (57). Subbotin V. A. Ship model sports in Primorie (61). «Voyager of the Seas» — the world's largest cruise liner (63). News from abroad (66). Statute of Russian Agency for Shipbuilding (68). Reviewing the conference «Morintekh-99» (35). Kuroedov V. I., Lopatin V. N. «Let's save the cruiser!» (43). Exhibitions and conferences in 2000 (48). Tikhomirov A. N. «Transtekh Neva» in the year 2000 (56).	
HISTORY OF SHIPBUILDING	
Pavlov A. S. Evolution of shipping on the Yenisei	72
Muru N. P. Why has not the battleship «Svobodnaia Rossia» been salvaged?	75
Ermash L. L. The creator armoured boats	78

Подписка на журнал «Судостроение» (индекс 70890) в России и СНГ может быть оформлена в почтовых отделениях, а также непосредственно в редакции (см. стр. 48).

На 1-й стр. обложки — декоративная стилизованная модель из меди фрегата «Крейсер» (1722 г.) около гостиницы «Санкт-Петербург» в Санкт-Петербурге (авторы А. Дема и А. Ларионов, фото А. Хаустова); на 3-й стр. — репродукции с почтовых открыток из собрания Н. Н. Афонина; на 4-й стр. — эскадренный миноносец пр. 956Э в момент испытаний ракетного комплекса (снимок предоставлен ОАО «Северная верфь»)

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

В предыдущем номере журнала «Судостроение» (№6, 1999 г.) на 4-й стр. обложки помещен фотоснимок головного танкера-продуктовоза ледового плавания «Астрахань» дедвейтом 20 000 т. Снимок предоставлен редакции ГУП «Адмиралтейские верфи»

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

Литературные редакторы

С. В. Сяськова,
Е. П. Смирнова,
Н. Э. Смирнова

Компьютерная верстка

Г. А. Князева,
Л. П. Козлова

Цветоделение

Д. Н. Демичев

Перевод

Л. Н. Федосеев

Графика

И. Б. Армеева

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

При перепечатке ссылка на журнал «Судостроение» обязательна

Подписано в печать 29.02.2000 г.
Каталожная цена 50 руб.

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

Лицензия ЛР № 040801

НА ПРЕДПРИЯТИЯХ СУДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

ГУП «АДМИРАЛТЕЙСКИЕ ВЕРФИ»

Перспективы деятельности «Адмиралтейских верфей» на ближайшие годы в основном определяются двумя программами. Период 2000—2001 г. обеспечен существующим портфелем заказов. Это — головная ПЛ 4-го поколения пр. «Лада» для ВМФ России, экспортный вариант ПЛ пр. «Амур» (до этапа испытаний), новый уникальный глубоководный аппарат, новая модернизированная ПЛ пр. 877ЭКМ (а также ремонт и модернизация двух зарубежных ПЛ этого проекта), серия из пяти арктических танкеров усиленного ледового класса пр. 20070 и 20071 дедвейтом 20 000 т для компании «ЛУКойл». Проект производственной программы предприятия на 2002—2006 г. предусматривает: серийное строительство дизель-электрических ПЛ 4-го поколения для ВМФ России, развитие серийной постройки (включая лицензионную) дизель-электрических ПЛ пр. «Амур» для иностранных заказчиков; завершение серии танкеров дедвейтом 20000 т и освоение строительства танкеров усиленного ледового класса дедвейтом 55 000 т также для компании «ЛУКойл»; выход на канадский рынок танкерного флота с серией арктических танкеров дедвейтом 16 500 т; серийное строительство контейнеровозов водоизмещением 5000 т для Северо-Западного пароходства. Объемы производства к 2003 г. предполагается увеличить примерно на 70% и сохранять этот уровень до 2006 г.

ОАО «СЕВЕРНАЯ ВЕРФЬ»

25 декабря 1999 г. на «Северной верфи» состоялось подписание акта приема-передачи и подъем флага Китая на эскадренном миноносце, строительство которого завод осуществил

в рамках межправительственного соглашения между Россией и КНР. Успешному выполнению программы приемопередаточных мероприятий на экспортном корабле способствовало создание самостоятельных технических групп с российской и китайской стороны. Ими была обеспечена своевременная передача всех технических средств корабля, перепроверка и окончательная корректировка полного комплекта документации.

На всем этапе испытаний и приема-передачи эсминца активным партнером «Северной верфи» являлся ВМФ России. Офицеры ЛенВМБ входили в состав Государственной приемной комиссии. Балтийский флот обеспечивал программу испытаний заказа в море своими кораблями, авиацией и береговым сопровождением. Хорошая профессиональная подготовка российского экипажа в сочетании с высокой степенью готовности технической части эсминца позволила выполнить полную программу в сжатые сроки.

Наши военные моряки приняли участие и в переходе эсминца в порт

Китая. 16 декабря 1999 г. было подписано дополнительное соглашение к договору комиссии между ГК «Росвооружение» и ОАО «Судостроительный завод «Северная верфь» об оказании технического содействия в подготовке к переходу и в переходе из России в Китай заказа 956Э. В соответствии с этим соглашением в начальный период перехода запланирована двухсменная вахта: одна смена — только из китайских специалистов, а другая — из китайцев (у всех механизмов) и российских специалистов, которые будут обеспечивать безаварийную работу технических средств, а также обучение китайских коллег (правила эксплуатации технических средств, тренировки по специальности). В заключительный период перехода — трехсменная ходовая вахта, причем только одна смена — смешанная. На весь срок гарантийного обслуживания (14 мес со дня подписания приемного акта) в Китай для выполнения обязательств, определенных контрактом, командировается гарантийная группа в составе представителей завода и контрагентских организаций.



Первый эсминец пр. 956Э, построенный ОАО «Северная верфь» для ВМС КНР, во время спуска на воду с помощью плавдока

В подборке использованы информационные материалы, предоставленные редакции предприятиями и организациями, а также материалы газет «Адмиралтеец», «Корабел», «Судостроитель», «Технический прогресс».



На пресс-конференции по случаю передачи эсминца пр.956Э заказчику



Выступает В. В. Венков, генеральный директор ОАО «Северная верфь»

На втором экспортном эсминце в январе планировалось начать швартовные испытания, в июне — ходовые, к ноябрю 2000 г. — передать корабль ВМС КНР. В этом же году должен быть завершен ремонт большого противолодочного корабля из состава ВМФ России. С учетом небольшого количества продукции по другим внешним заказам это позволит загрузить производственные мощности завода в 2000 г. только на 43%.

С учетом имеющегося потенциала и на основе перспективных маркетинговых проработок производственной службой предприятия подготовлен также прогноз загрузки завода в 2000 г. В этот прогноз, в частности, включены:

строительство средних рыболовных морозильных траулеров-ярусников пр. 13720, разработчик — КБ «Восток» (ЦНИИТС), заказчик — «Росрыбколхозсоюз»; суда должны строиться

с привлечением иностранных инвестиций, потребность тралового флота — 100—150 судов. Первые десять «Северная верфь» может поставить в течение 27 мес, в том числе головное судно — через 12 мес после заключения контракта. На сегодняшний день заводом проведена подготовка производства в полном объеме;

строительство универсальных сухогрузных судов смешанного плавания (пр. 01010, разработчик — КБ «Вымпел», заказчик — «Северо-Западный флот», срок поставки 10 судов — 27 мес после начала строительства, в том числе головное — через 14 мес);

ремонт больших противолодочных кораблей из состава ВМФ России, а также боевых кораблей зарубежных государств;

изготовление электростанций ТЭС ПТГ 15000.

Если прогноз будет реализован, производственные мощности завода

в 2000 г. могут быть загружены на 98%.

ГУП «ПО «СЕВЕРНОЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ»»

«В этом доме жил с 1956 года по 1986 год Григорий Лазаревич Просянкин, Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской и Государственной премий — начертано на мемориальной доске, открытой 6 января в день 80-летия Г. Л. Просянкина — директора «Севмаша», возглавлявшего предприятие в 1972—1986 гг., а до этого 16 лет руководившего заводом № 893 («Звездочка»). Память о Г. Л. Просянкине увековечена и в названии одной из площадей Северодвинска — это дань признательности человеку, немало сделавшему для города и его судостроительных предприятий.

1999 г. запомнится корабелам «Севмаша» как год 60-летия предприятия. После трехлетнего перерыва спущена на воду АПЛ «Гепард», у заводского причала ошвартовались для ремонта и модернизации авианесущий крейсер «Адмирал Горшков» и атомный ракетный крейсер «Адмирал Нахимов», у предприятия появилась утвержденная перспективная программа кораблестроения, увеличились объемы постройки надводных судов и плавсредств, другой продукции гражданского назначения. Внедрена и сертифицирована Российским Морским Регистром Судостроения система качества на соответствие требованиям международного стандарта ISO9001 — важный шаг в повышении конкурентоспособности «Севмаша» как на внутреннем, так и международном рынке.



Эсминец пр. 956Э в день поднятия военно-морского флага КНР

ОАО «ЦКБ «ЛАЗУРИТ»»

Одним из направлений деятельности бюро является создание аварийно-спасательных средств. В этой области ЦКБ «Лазурит» имеет более чем 30-летний опыт. В числе разработанных проектов — спасательный подводный аппарат «Бестер» (пр. 18270), предназначенный для спасания экипажей подводных лодок, а также выполнения различных подводно-технических работ — от поиска и обследования подводных объектов до обеспечения их подъема. Аппарат имеет нормальное водоизмещение 39 м³, длину 12 м, ширину 3,2 м, высоту 5 м, осадку 3,4 м. Рабочая глубина погружения составляет 720 м, наибольшая подводная маршевая скорость 3 уз (вертикальная — 0,6; лаговая — 0,5 уз), дальность плавания экономическим ходом 12 миль. Экипаж аппарата включает в себя 3 чел., обслуживающий персонал тоже 3 чел., а число спасаемых — 18 чел. Автономность аппарата по средствам жизнеобеспечения 72 ч, при полной загрузке (со спасаемыми) — 10 ч. Для выполнения различных подводных работ имеются манипуляторы. Носителем «Бестера» может быть и надводный, и подводный корабль. Головной аппарат построен ОАО «Завод «Красное Сормово»». В качестве материала корпуса использован титановый сплав.

ОАО «СУДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД «ЛОТОС»»

Завод «Лотос» (г. Нариманов, Астраханской обл.) был, как известно, создан в основном для постройки блок-модулей верхних строений плавучих буровых установок. В настоящее время завод входит в состав СП ОАО «Астраханский корабель». В его производственную программу включена продукция судостроения и оборудование для освоения морского шельфа: танкеры различного назначения дедвейтом 2500—6000 т; сухогрузы дедвейтом 2500—4700 т; суда вспомогательного флота; блок-модули верхнего строения морской стационарной платформы, предназначенной для одновременного бурения и эксплуатации двумя буровыми установками до 36 скважин глубиной до 5000 м; верхнее строение для платформы, предназначенной для эксплуа-



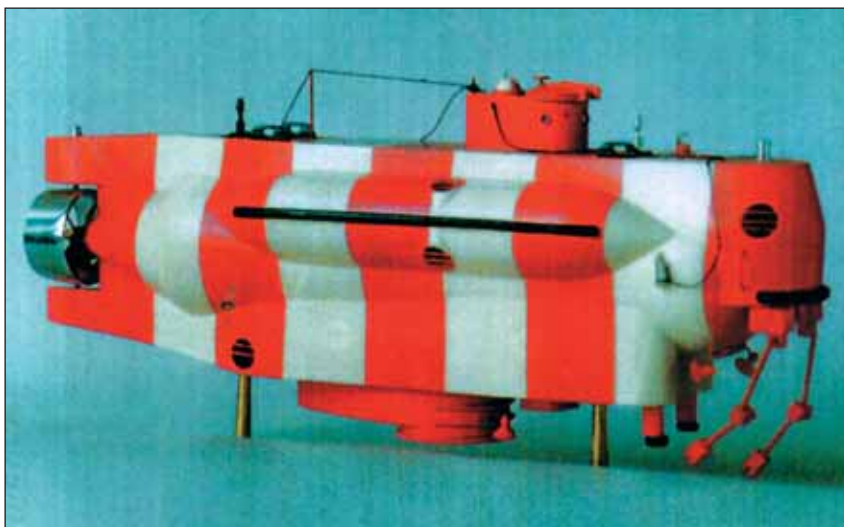
Китайские моряки на борту эсминца после поднятия флага своей страны

тации на континентальном шельфе в районе с тропическим климатом (16 нефтегазовых скважин); автономная дизельная электростанция из двух блоков по 200 кВт, которая может использоваться для снабжения электроэнергией потребителей на морских и береговых нефтегазовых промыслах, а также объектов промышленного и гражданского строительства.

ЗАО «РОСШЕЛЬФ»

Мурманский морской биологический институт (ММБИ) получил от ЗАО «Росшельф» заказ на разработку технико-экономического обоснования (ТЭО) эксплуатации Штокма-

новского газоконденсатного месторождения в Баренцевом море. Запасы месторождения оцениваются в 3,2 трлн м³ газа и 31 млн т газового конденсата. Предполагается, что объем добычи газа будет составлять 60—90 млрд м³ в год. Маркетинговые исследования показывают, что потребность рынков в газе после 2005 г. в России составит около 65 млрд м³, на Западе 65—70 млрд м³ в год. Государственная Дума РФ в первом чтении приняла закон о разработке Штокмановского месторождения на условиях Соглашения о разделе продукции. Привлечение специалистов ММБИ и Полярного НИИ морского рыбного хозяйства и океанографии к участию в разработке ТЭО вызвано тем, что



Спасательный подводный аппарат «Бестер», спроектированный ОАО «ЦКБ «Лазурит»», построен ОАО «Завод «Красное Сормово»»



Слева — наращивание опорных колонн СПБУ «Астра» на заводе «Красные баррикады» методом опрокидывания. В наклонном положении колонну удерживает плавкран «Богатырь-3» грузоподъемностью 300 т. Справа — узел стыковки с замками и гидроцилиндром, с помощью которого верхняя часть колонны переводится в вертикальное положение

подготовленное шесть лет назад ТЭО морально устарело. В рамках нового ТЭО будет, в частности, проанализировано влияние на морские биоресурсы добывающих платформ и подводных газопроводов («СеверИнформ»).

ОАО «СУДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД «КРАСНЫЕ БАРИКАДЫ»»

В период с осени 1997 г. по апрель 1999 г. завод осуществил сборку, достройку и модернизацию самоподъемной плавучей буровой установки «Астра» (бывш. «Marawah»), доставленной в Астрахань в виде отдельных блоков из Финляндии. СПБУ с треугольным понтоном на трех опорных колоннах с выдвигаемым порталом бурового комплекса имеет следующие характеристики: водоизмещение порожнем 5365 т, эксплуатационное — 6370 т, размеры корпуса 53,04 x 53,59 x 5,49 м, осадка в грузу 3,9 м (порожнем — 3 м), номинальная глубина моря на месте бурения 45 м, глубина бурения 5000 м, жилой блок рассчитан на 70—80 чел. СПБУ построена на класс ABS.

В процессе выполнения работ были применены несколько астраханских «ноу-хау». Так, стыковка и последующая сварка трех понтонов корпуса осуществлялась на плаву с применением герметизирующего устройства, наращивание 160-тонных опорных колонн производилось так называемым методом опрокидывания.

Во время модернизации было заменено около 60% морально устаревшего и физически изношенного оборудования (СПБУ была построена на японской верфи NKK в 1983 г.), масса новых конструкций примерно 500 т. Сборка корпуса СПБУ и наращивание опорных колонн заняли 4 мес, еще столько же потребовалось для полной замены оборудования машинного отделения, электротрасс, дизель-генераторов, оборудования на верхней палубе, а также увеличения размеров вертолетной палубы под отечественный вертолет, замены буровой вышки, выполнения требований экологического характера.



ЦКБ МТ «Рубин» разрабатывает проекты буровых платформ для шельфа Сахалина

Утром 9 мая 1999 г. два транспортно-буксирных судна «Гандуринский» и «Царевский» отбуксировали СПБУ «Астра», принадлежащую российской нефтяной компании «ЛУКОЙл», на точку бурения в Каспийском море. На торжественной церемонии в канун этого события президент компании «ЛУКОЙл» Вагит Алекперов сказал, что ввод в эксплуатацию данной СПБУ является первым шагом в освоении нового нефтяного месторождения Хвалынского на шельфе Северного Каспия, запасы которого оцениваются в 300 млн т углеводородного сырья.

ФГУП «ЦКБ МТ «РУБИН»»

Специалисты бюро совместно с зарубежными партнерами принимают участие в подготовке концептуальных проектов буровых платформ для разработки нефтяных месторождений на шельфе Сахалина. После успешного завершения первого этапа освоения Пильтун-Астохского месторождения (проект «Сахалин-2», глубины около 35 м), связанного с модернизацией платформы «Моликпак», для второго этапа рассматривались несколько вариантов конструктивного исполнения опорного основания (монокон, многоколонный вариант), метода установки (гравитационный, свайный), а также числа скважин (от 10 до 96). Предложенный после всестороннего анализа проект получил высокую оценку заказчика. Для месторождения Аркутун-Даги (проект «Сахалин-1»,

глубины свыше 100 м) предлагается конкурентоспособный проект опорного основания морской ледостойкой платформы. Проекты разрабатываются с учетом постройки на отечественных дальневосточных предприятиях.

ОАО «ЯРОСЛАВСКИЙ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД»

В конце 1999 г. завод получил лицензию на право постройки боевых кораблей, катеров и судов обеспечения. В этом году планируется сдача ряда заказов, находящихся в высокой степени готовности. В середине января начались швартовые испытания патрульного катера на воздушной подушке «Чилим», предназначенного для пограничников. Для «Газпрома» достраивается второй специализированный речной танкер (головной «Ижевск» эксплуатируется на Оби). Скоростной патрульный катер «Меркурий» (заказ 802) находится в 98%-й стадии готовности. Состоявшаяся в сентябре 1999 г. на Черном море демонстрация головного «Меркурия» — морского таможенного катера ТС100 — для военно-морских атташе США, Канады, Швеции, Франции, Греции, ЮАР и Индонезии показала высокие ходовые качества корабля и длительную скорость 45 уз. Сейчас ведутся переговоры с потенциальными зарубежными заказчиками. Возобновлена постройка рыбоохранного судна на базе пр. 503 — подписан договор с «Судорыбтрансфлотом» о сдаче его судовладельцу в 2000 г. Достраивается по документации ЦКБ НПО «Судоремонт» и теплоход «Ярославич» (типа «Байкал-1», пр. А-8056-1) для Ярославской флотилии юных моряков.

ОАО «МОРСКОЙ ЗАВОД "АЛМАЗ"»

Совместно с польской яхтенной верфью Shipyard Maritime Europe Ltd (Гданьск) судостроители ОАО «Морской завод "Алмаз"» строят современные морские парусно-моторные яхты. Корпус из алюминиевых сплавов создается в Санкт-Петербурге, а достройку и отделочные работы проводят в Гданьске. Одна из яхт, названная «Алмаз» (длина 11,5 м, ширина 3,3 м, осадка 1,15 м, водоизмеще-



Морской скоростной таможенный катер ТС100 («Меркурий») построен ОАО «Ярославский судостроительный завод» (фото Е. Булаковича, «Военный парад»)

ние 6 т, площадь парусов 70 м²), созданная по перспективному проекту Reinke-Euro'38 известного немецкого проектировщика яхт Курта Рейне, отмечена специальным призом на выставке «Польхт-99» в Польше. В прошлом году был построен моторно-парусный катамаран длиной 14 м для французского заказчика. Для обеспечения послепродажного обслуживания яхт, а также финансового менеджмента в процессе строительства привлекается зарегистрированная на Кипре фирма Speed Arrow Ltd.

ГНЦ ЦНИИТС

12 января 2000 г. в ЦНИИТС состоялось заседание Проблемного научно-технического совета по судостроению, на котором были рассмотрены перспективы военного кораблестроения в Санкт-Петербурге, ход реализации экономических реформ и программ реструктуризации судостроительных и судоремонтных предприятий, первоочередные меры по созданию современного судостроительного комплекса в Санкт-Петербурге. В заседании приняли участие руководители предприятий и организаций отрасли, представители ВМФ и Россудостроения; председателем был В. Л. Александров — генеральный директор ГУП «Адмиралтейские верфи».

Многие из выступавших были единодушны в том, что сейчас экспортные заказы во многом способствуют сохранению отрасли. Отечественное судостроение способно занять прочную нишу на мировом рынке со сложными корабельными заказами. Большие перспективы и в области ремонта и модернизации ранее поставленной на экспорт техники,

расширения сотрудничества со странами, развивающими свои военно-морские силы. Для успешной работы в этом плане необходима консолидация усилий всех участников создания сложной современной техники. В то же время конкурировать в «простом» судостроении с верфями Юго-Восточной Азии в ближайшем будущем проблематично.

В отношении проекта создания в Санкт-Петербурге компакт-верфи на базе объединения трех верфей имеются две точки зрения: «за» — «Адмиралтейские верфи» и «Северная верфь», «против» — «Балтийский завод», руководство которого считает возможным собственное развитие предприятия. В то же время очевидно, что реализация такого масштабного



Морская парусно-моторная яхта (ОАО «Морской завод "Алмаз"»)



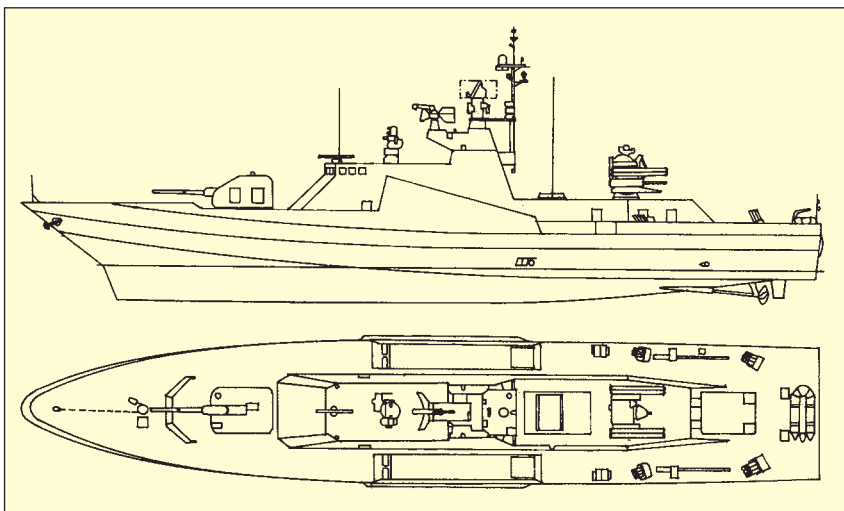
Один из гребных винтов диаметром 5,6 м и массой 28 т, изготовленный ГМП «Звездочка» для суперлайнеров типа «Eagle», перед отправкой заказчику. Статья о головном круизном лайнере этого типа «*Youager of the Seas*» — на стр. 63—65. ГМП «Звездочка» производит цельнолитые и сборные гребные винты из высокопрочных нержавеющей сталей, углеродистых сталей, цветных и титановых сплавов. Масса гребных винтов от 50 кг до 50 т. Диаметр цельнолитых винтов от 1 до 3,5 м, сборных и ВРШ — от 1,5 до 7 м. Фото В. Г. Николаева

проекта без внешних инвестиций, реальной поддержки государства невозможна.

АО «КАМАК»

Фирма «Камак» основана в Санкт-Петербурге в 1990 г. как судоремонтное предприятие. За 10 лет она приобрела разносторонний опыт ремонта, модернизации и переоборудования судов отечественных и иностранных судовладельцев. Фирма обеспечивает оперативный ремонт и техническое обслуживание судов в портах Санкт-Петер-

бурга и Выборга. Выполняются корпусные работы, ремонт главных и вспомогательных двигателей, механизмов и устройств, трубопроводов и систем, электро-, радио- и навигационного оборудования, люковых закрытий и аппарелей, гидромоторов, гидронасосов и гидроцилиндров. Производится восстановление деталей наплавкой, сварка чугуна. Специалисты фирмы осуществляют сервисное обслуживание дизелей фирмы Deutz. В сферу деятельности фирмы «Камак» входят также поставки запчастей и оборудования, шипчандлерская деятельность, агентирование судов.



Проект ракетно-артиллерийского катера «Скорпион» разработан в ЦМКБ «Алмаз»

ГУП «ЦМКБ «АЛМАЗ»»

Среди новейших разработок бюро — ракетно-артиллерийский катер четвертого поколения типа «Скорпион» (пр. 12300). При его создании учитывался опыт постройки и эксплуатации кораблей предыдущих проектов (205, 1234, 1241), использовалась технология «стелс». Водоизмещение катера около 470 т, наибольшая длина 56,8 м, ширина 10,8 м. Энергетическая установка — комбинированная (CODAG), включающая в себя два дизеля и газотурбинную установку общей мощностью около 15 500 кВт; скорость — 38 уз. Катер может быть вооружен сверхзвуковыми противокорабельными ракетами «Яхонт», зенитно-артиллерийским комплексом «Каштан-1», 100-мм универсальной пушкой А-190-5П-10. В состав радиоэлектронных средств входят радиолокационные комплексы «Монумент-Э» (или «Позитив-МЭ»), «Позитив-МЭ1.1» и др. Экспортная версия «Скорпиона» предлагается для зарубежных заказчиков.

НПФ «ЛЮМЕС»

Научно-производственная фирма «Люмес» (Санкт-Петербург) предлагает сверхлегкие амфибийные аппараты на воздушной подушке (СЛААВП), которые могут использоваться для спасательных работ, патрулирования, транспортировки грузов, спортивных целей и туризма, а также как персональные (личные) транспортные средства. Трехместный СЛААВП типа «Торос-1» имеет габариты 5,3 x 2,1 x 1,8 м, массу 200 кг, двигатель мощностью 26—30 кВт, скорость до 70 км/ч, грузоподъемность 280 кг. СЛААВП типа «Стрелец-2» и «Стрелец-3» грузоподъемностью соответственно 350 и 400 кг оснащаются двигателем мощностью до 47 кВт, который обеспечивает максимальную скорость до 100—110 км/ч. На аппаратах предусмотрена установка двигателей следующих марок: ДШ-2, РМЗ-640МР и ROTAX-447 (или 503, 582). Высота преодолеваемых препятствий составляет 0,3 м. Благодаря простой трубчато-тканевой конструкции аппараты легко разбираются и собираются, обладают хорошими показателями ремонтпригодности, могут перевозиться автотранспортом.

А. Н. Хаустов

ПЕРСПЕКТИВЫ ЭКРАНОПЛАНОСТРОЕНИЯ

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

УДК 629.57

Экранопланостроение имеет уже более чем полувековую историю, однако и сегодня реально эксплуатирующиеся образцы этого нового вида техники во всем мире немногочисленны. Столь медленное «внедрение» экранопланов в систему транспортных средств лишь частично можно объяснить трудностями технического характера, например, потребовавшим длительного времени решением задачи обеспечения устойчивости движения над экраном, необходимостью отработки вопросов конвертации и влагозащиты авиационных двигателей, потребностями создания специфической авионики, отсутствием эксплуатационной инфраструктуры и т. п. К тому же все основные научно-технические задачи в области гидроаэродинамики, прочности, энергетики, технологии строительства, специального оборудования для экранопланов, по существу, уже решены.

Основной причиной такого положения в экранопланостроении следует считать то, что экранопланы того типоразмера и технического облика, в котором они до сих пор создавались, не продемонстрировали на практике существенных преимуществ перед другими видами скоростного транспорта и, в первую очередь, самолетами и гидросамолетами. Многообещающая идея достижения более высокого аэродинамического качества и, следовательно, превосходства в транспортной эффективности по отношению к самолетам за счет движения крыла вблизи подстилающей поверхности, оказалась труднореализуемой для практических аппаратов и реальных условий эксплуатации.

И тем не менее, экранопланы имеют большое будущее. Альтернативы экранопланам в области быстроходных морских средств для расширяющейся территориально эксплуатации морей и океанов нет. С общей точки зрения, не затрагивая частные причины интереса к экранопланам, появление в мире техники такого нового вида транспортных средств можно считать закономерным следствием интенсивного и все ускоряющегося освоения морских и океанских пространств.

Опыт создания и эксплуатации экранопланов, а также научно-исследовательские разработки на перспективу позволяют оценить достигнутый уровень технических характеристик экранопланов и возможные пределы их повышения. На основании указанных оценок можно обосновать и коррективы, которые необходимо внести в концептуальные основы экранопланостроения с тем, чтобы экранопланы заняли подобающее им место в мировой транспортной системе.

Аэрогидродинамическая эффективность экранопланов. На рис. 1 показаны характерные значения аэродинамического качества экранопланов I поколения, имеющих так называемую «самолетную» аэродинамическую компоновку, для которых наибольшая достигнутая взлетная масса составила около 430 т (на летающей лаборатории «КМ»). Здесь же приведены значения качества современных тяжелых транспортных самолетов. Только при движении в условиях тихой воды и малых относительных высот полета над экраном аэродинамическая эффективность экранопланов соответствует достигнутой для современных самолетов. С увеличением высоты полета аэродинамическое качество экранопланов, естественно, снижается и уменьшается дальность полета.

Использование на отечественных экранопланах поддува струями от двигателей

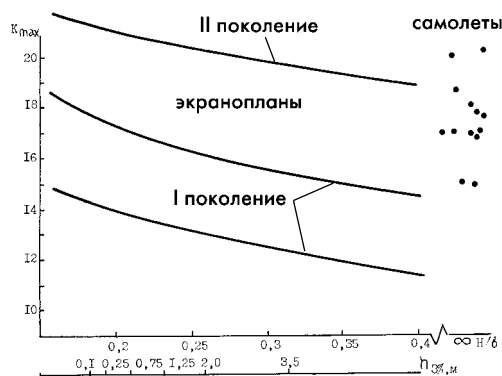


Рис. 1. Аэродинамическая эффективность экранопланов: K_{max} — максимальное полетное аэродинамическое качество; H — высота полета; b — хорда крыла; $h_{3\%}$ — высота волн 3%-й обеспеченности

под несущие поверхности позволяет обеспечить гидроаэродинамическое качество на взлете с тихой воды и волнения, не уступающее показателям современных гидросамолетов. Однако сам уровень мореходности, характеризуемый высотой волнения, на котором возможны взлет и посадка, практически соответствует мореходности современных гидросамолетов, использующих на взлете мощную механизацию крыла (рис. 2).

В целом, для экранопланов I поколения с «самолетной» компоновкой вынужденное, из-за использования поддува, малое удлинение крыла в значительной мере нивелирует эффект, достигаемый за счет влияния экрана. На снижение аэродинамического качества также влияют обводы корпуса, обеспечивающие повышение гидродинамического качества на взлете, но неоптимальные по аэродина-

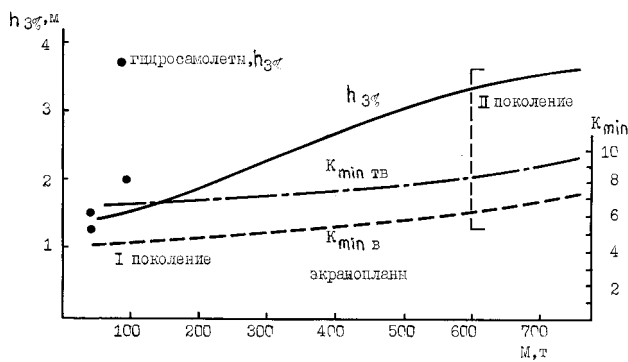


Рис. 2. Минимальное гидродинамическое качество экранопланов при взлете с тихой воды $K_{\min \text{ ТВ}}$ и соответствующего волнения $K_{\min \text{ в}}$ (M — взлетная масса экраноплана)

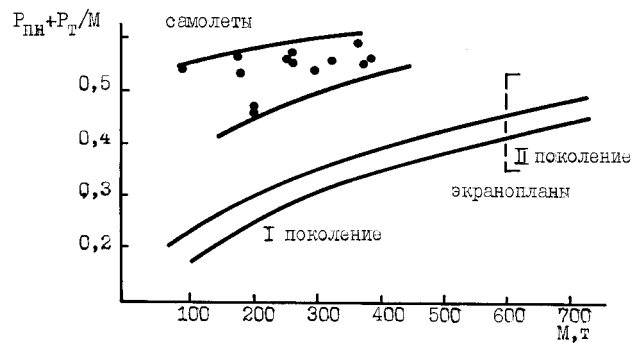


Рис. 3. Весовое совершенство экранопланов: $P_{\text{пн}}$ — масса полезной нагрузки, $P_{\text{т}}$ — масса запасов топлива

мическому сопротивлению в полете, большие площади горизонтального оперения, наличие пилонов поддувных двигателей, а при взлете — и ограниченная эффективность применения механизации несущих поверхностей вблизи экрана. Все сказанное выше снижает конкурентоспособность экранопланов по сравнению с самолетами по аэродинамическому совершенству.

Переход к созданию экранопланов II поколения с перспективными аэродинамическими компонентами типа «составное крыло» позволит существенно повысить аэродинамическое качество в полете, доведя его при практических высотах полета до значений, имеющих у современных самолетов. Для сверхтяжелых экранопланов с большими геометрическими размерами несущих поверхностей, за счет снижения относительных высот полета возможно было бы еще большее повышение качества. Однако, поскольку в обозримой перспективе создание сверхтяжелых экранопланов по причинам, о которых будет сказано ниже, представляется проблематичным, следует считать, что обеспечение значительного преимущества экранопланов над самолетами по аэродинамическому качеству пока недостижимо для реальных

конструкций и реальных условий эксплуатации экранопланов.

Весовое совершенство. Уровень весового совершенства экранопланов I поколения, определяемый полной весовой отдачей, т.е. долей возможной полезной нагрузки (суммы полезного груза и топлива) в общей массе аппарата, в 2—3 раза ниже показателей тяжелых самолетов (рис. 3). При равных относительных значениях масс оперений экранопланы по сравнению с самолетами имеют существенно большие массы корпуса и крыльев. С другой стороны, сравнение по «весовому качеству» — удельному показателю веса единицы площади омываемой поверхности конструкции — свидетельствует, что конструкции экранопланов, в целом, находясь на уровне авиационных конструкций (рис. 4). Низкие характеристики весовой отдачи экранопланов при малых взлетных массах объясняются наличием контактов элементов их конструкции с водой при взлете и посадке на взволнованной поверхности моря, необходимостью использования амортизированных взлетно-посадочных устройств, относительно большими объемами корпусов, отчасти применением по условиям технологии завышенных толщин материалов и т. п., факторами, носящими объективный характер, но влия-

ние которых снижается по мере роста взлетной массы и геометрических размеров экранопланов. В связи с этим, показатели весовой отдачи для тяжелых экранопланов II поколения могут быть существенно улучшены. Кроме того, для существующих экранопланов характерны малые нагрузки на крыло, и это говорит о наличии некоторых резервов по весовому совершенству, т.е. увеличение нагрузки на крыло экранопланов I поколения ограничено трудностями механизации низкорасположенных крыльев.

В целом, несмотря на некоторые имеющиеся резервы весовой оптимизации, следует считать, что весовое совершенство экранопланов не будет выше достигнутого у самолетов вследствие контактов элементов их конструкции с взволнованной поверхностью воды при взлете и посадке.

Энергетическая и топливная эффективность. Энергетические установки экранопланов укомплектовываются, как правило, конвертированными авиационными двигателями, не оптимизированными для постоянной работы на малых высотах. Возможно, что при создании специальных двигателей для экранопланов и удастся несколько повысить характеристики их энергоустанов-

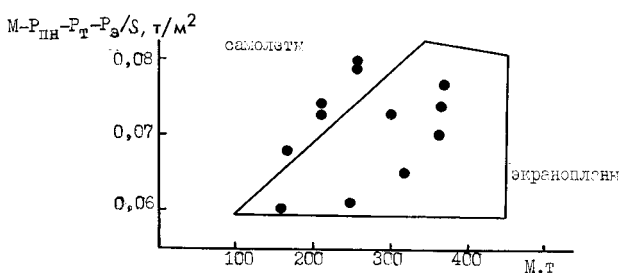


Рис. 4. Весовое качество экранопланов: $P_{\text{а}}$ — масса энергетической установки; S — полная омываемая поверхность экраноплана, м^2

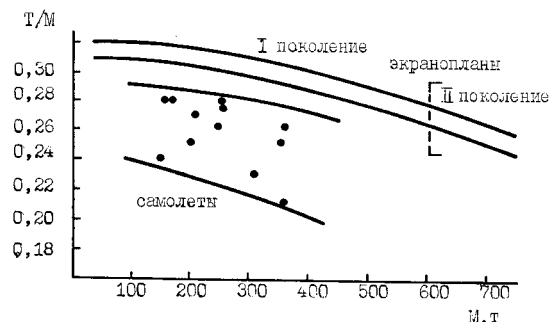


Рис. 5. Тяговооруженность экранопланов (T — установочная тяга двигателей)

ки и условия поддува под несущие поверхности экранопланов при взлете, но вряд ли такие улучшения будут определяющими.

Полная тяговооруженность экранопланов, представляющая собой удельную величину необходимой установочной тяги двигателей, в связи с использованием способа взлета с поддувом, достаточно близка к имеющей место у тяжелых самолетов (рис. 5). Существенное снижение тяговооруженности не представляется возможным, так как приводит к затягиванию процесса взлета и увеличению нагрузок на конструкцию.

Топливная эффективность, которая может быть охарактеризована затратами топлива на транспортировку единицы полезной нагрузки на единицу расстояния, у экранопланов I поколения значительно ниже эффективности самолетов (рис. 6). Она резко возрастает с ростом массы экранопланов, что связано с одновременным повышением весовой отдачи и более эффективным использованием влияния экрана на аэродинамические характеристики крыла.

Экономическая эффективность.

Результаты экономических исследований, выполненных применительно к ряду конкретных трасс эксплуатации экранопланов различного типа и в широком диапазоне взлетных масс, свидетельствуют, что не удается обеспечить априорное их превосходство в стоимости перевозок перед авиационными средствами транспорта, а в ряде случаев — и по отношению к другим видам скоростного водного транспорта. С другой стороны, не следует ожидать и существенного превышения стоимости создания и эксплуатации экранопланов по сравнению с авиационными средствами.

В зависимости от конкретных условий эксплуатации, протяженности трасс, величины и постоянства пассажиропотока, наличия других видов транспорта, возможности создания соответствующей инфраструктуры и обслуживания экранопланы могут оказаться рентабельными в использовании или неконкурентоспособными. Согласно сопоставительным оценкам экономической эффективности самолетов и экранопланов [1], последние могут иметь преимущество на трассах с большим числом промежуточных посадок, когда энергетически невыгодно совершать подъем аппаратов на значительные высоты, как это имеет место при эксплуатации самолетов.

Концептуальные основы будущего экранопланостроения. Сегодня ни по техническим показателям,

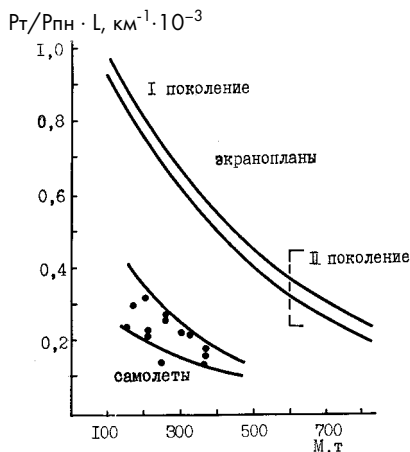


Рис. 6. Топливная эффективность экранопланов (L — дальность полета)

ни по экономической эффективности экранопланы не имеют априорных преимуществ перед самолетами. Разумеется, с дальнейшим ростом массы и размеров полетные аэродинамические качества экранопланов будут повышаться, однако этот рост не сможет обеспечить значительного преимущества перед самолетами ввиду ограничений на массогабаритные характеристики экранопланов, вытекающих из соображений реального их создания и эксплуатации. Следовательно, пионерская техническая идея достижения преимуществ экранопланов за счет высокого аэродинамического качества не может быть ведущей при их практической реализации, в том числе, очевидно, и в будущем. Назрела необходимость в ревизии концептуальных основ экранопланостроения.

Можно утверждать, что любое техническое средство имеет тем больше шансов на успех, чем больше у него полезных качеств, не имеющих у аналогов. В 1997 г. автором была выдвинута идея создания перспективных экранопланов II поколения на основе А-концепции их технического облика, которая

предполагает переориентацию с создания экранопланов как однорежимных средств, практически не обладающих возможностью длительного хода на плаву, на создание специфических двухрежимных морских средств, обладающих двумя равноценными режимами эксплуатации: плавания с малыми и средними скоростями и нахождения на воде при обеспечении всего спектра корабельных качеств, присущих судам; полета вблизи водной поверхности в зоне положительного влияния экрана на аэродинамические характеристики экраноплана. Указанный порядок расстановки акцентов не случаен. Режим полета остается основным транспортным режимом при эксплуатации экранопланов, однако задача достижения высокого аэродинамического качества отодвигается на второй план по сравнению с задачей обеспечения корабельных качеств. Двухрежимность, которой не обладают экранопланы I поколения, должна быть основным качественным признаком, определяющим переход к новому поколению экранопланов.

В соответствии с концепцией, находясь на поверхности воды, экраноплан должен иметь высокий уровень таких характеристик, как плавучесть, остойчивость, непотопляемость, ходкость и управляемость, а также прочность.

Плавучесть, остойчивость и непотопляемость экранопланов должны соответствовать требованиям, предъявляемым к судам и кораблям.

Ходкость и управляемость должны обеспечивать возможность совершения любых необходимых маневров экранопланами на поверхности моря и длительное движение заданным курсом в условиях ветра и волнения, причем энергетическая установка должна обеспечивать способность экранопланов, при необходимости, прибыть в режиме плавания в портубежище из любой точки района экс-



Рис. 7. Сверхлегкий двухместный экраноплан. Германия, 1997 г.



Рис. 8. Легкий 20-местный пассажирский экраноплан. Китай, 1997 г.

плуатации (в частности, при невозможности совершения дальнейшего полета из-за волнения моря, отказа систем, обледенения и т. п.).

После выполнения условий нахождения на воде в процессе конструирования экранопланов должны быть приняты все меры по повышению и их полетных характеристик, в том числе аэродинамического качества, за счет влияния экрана.

Концепция экранопланов II поколения как двухрежимных транспортных средств логично определяет все их основные конструктивные параметры и решения в аэродинамической компоновке корпуса и несущих поверхностей, энергоустановки и взлетно-посадочных систем, в частности, переход к компоновке несущих поверхностей типа «составное крыло».

Принятие изложенной концепции придает экранопланам столь специфические качества, что они поистине становятся новым морским транспортным средством, отличающимся от аналогов и в авиации, и в судостроении своим техническим обликом, эксплуатационными возможностями, сферами использова-

ния и т. д. Именно эти качества позволят экранопланам быть вне конкуренции, даже учитывая отсутствие преимуществ перед другими видами транспорта по ряду каких-либо сопоставимых характеристик.

Двухрежимность позволит повысить безопасность перевозки пассажиров и грузов, уровень которой будет более высок, чем у авиационных средств транспорта. Этому фактору нельзя не придавать соответствующего значения. Возможно, что именно безопасность эксплуатации, в конечном счете, явится определяющей причиной успеха экранопланов по сравнению с самолетами при решении транспортных и других задач над водными пространствами.

Концепция двухрежимности применима, в той или иной степени, к экранопланам всех классов — от сверхлегких до сверхтяжелых.

Перспективы. Работы в области экранопланов, с различной степенью интенсивности и на разных стадиях разработок, осуществляются в настоящее время во всех их классах: сверхлегком (с взлетной массой до нескольких тонн), легком (до

нескольких десятков тонн), среднем (100—500 т), тяжелом (700—1500 т) и сверхтяжелом (до нескольких тысяч тонн).

В сверхлегком классе в ряде стран, в том числе и России, созданы и эксплуатируются не только опытные или единичные образцы экранопланов, но и аппараты малосерийного производства. Используются они, в основном, для служебных и развлекательных целей. Очевидно, этот класс экранопланов и впредь будет наиболее динамично развиваться (рис. 7).

В легком классе ведутся проектные разработки пассажирских экранопланов и аппаратов-прототипов (рис. 8).

Представителями среднего класса являются широко известные отечественные экранопланы «Орленок» и «Лунь», а также переоборудуемый из «Луны» экраноплан «Спасатель».

Наибольшие потенциальные возможности экранопланостроения, как следует из изложенного, лежат в области создания крупных по массе и размерам аппаратов. Современный уровень развития судовой и авиационной энергетики, конструкционных материалов и технологии строительства, имеющаяся в развитых странах производственная база обеспечивают создание экранопланов тяжелого класса (рис. 9). Для таких двухрежимных экранопланов II поколения (см. рис. 1, 3—6) с массой 700—800 т основные технические характеристики уже будут находиться на уровне характеристик современных тяжелых самолетов.

Применительно к указанному типоразмеру тяжелых двухрежимных экранопланов в ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова в 1970—1980 гг. с участием конструкторских и научно-исследовательских организаций судостроительной, а также авиационной отраслей были выполнены широкие комплексные проектные и экспериментальные работы. В результате этих и последующих разработок полностью технически обоснован проект экраноплана массой 750 т [2]. Полезная нагрузка и запасы топлива у этого экраноплана составляют около 250—300 т, что обеспечивает радиус действия до 3000—4000 км. Взлет, посадка и крейсерский полет экраноплана обеспечиваются на волнении до 5 баллов включительно (высота волны 3%-й обеспеченности — до 3,5 м). Скорость полета 400—450 км/ч, скорость хода в режиме плавания — около 25 км/ч. Экрано-



Рис. 9. Тяжелый экраноплан II поколения системы морской безопасности (проект). Россия

план полностью отвечает требованиям двухрежимности, обеспечивая возможность длительного нахождения в море в условиях развитого волнения и возвращение в порт-убежище из любой точки своего нахождения, в пределах радиуса действия, в режиме движения на плаву под дизельной установкой малого хода.

Реальное создание таких экранопланов явится знаменательным событием в развитии морских транспортных средств и позволит решать сложные морские проблемы. В частности, одной из таких проблем является задача эффективного спасения людей и технических средств, терпящих бедствие на море. Тяжелые двухрежимные экранопланы II поколения уже создают основу не только для организации эффективной специализированной спасательной системы [3], своего рода морской «скорой помощи», но и в целом многофункциональной международной глобальной морской системы безопасности — SSS (Sea Safety System). Такая система сможет решать ряд задач: спасание экипажей и пассажиров судов, кораблей, подводных лодок, самолетов, буровых платформ и других технических средств, терпящих бедствие в море; помощь в спасании самих технических средств; первую экстренную помощь при экологических катастрофах на море и ограничение размеров бедствия; производственный и экологический мониторинг морей и океанов; охрану заповедных морских зон; проведение исследований в открытом море; осуществление полицейских функций и т. п.

Создание такой системы морской безопасности поистине может стать проектом века. Появление системы SSS кардинально повлияет на разрешение чрезвычайных ситуаций при бедствиях на море. Система позволит не только упорядочить такую деятельность и оказывать помощь в ее осуществлении, но может служить своего рода морским аналогом сухопутных сил ООН, являясь инструментом воздействия мирового сообщества на глобальном уровне на государства и структуры, эксплуатирующие Мировой океан.

Более отдаленные перспективы практического применения экранопланов связаны с дальнейшим включением океанских просторов в сферу разносторонней деятельности человека, которая требует наличия быстроходных средств для транспортировки людей и грузов, осуществления различных работ вдали от берегов. В качестве примера можно

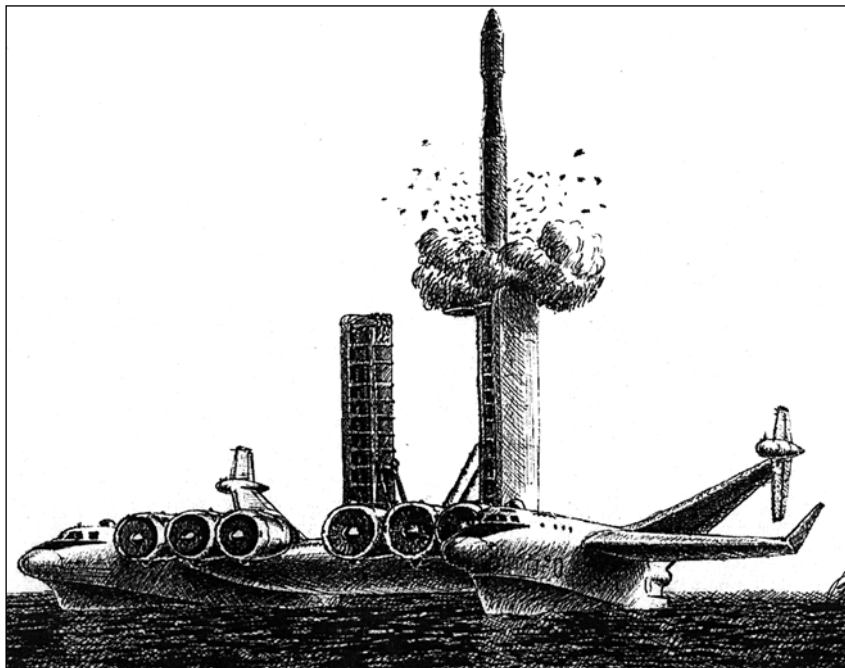


Рис. 10. Морской старт искусственного спутника Земли с экраноплана (проект)

указать на возможность использования экранопланов как разгонных блоков для воздушно-космических аппаратов с горизонтальным стартом. Выполненные оценки показывают, что космические системы горизонтального старта могут быть созданы даже на основе экранопланов массой 700—800 т, и такая задача уже сейчас может рассматриваться. Как более простую задачу можно указать запуск с экраноплана искусственных спутников Земли с помощью вертикально стартовых ракет-носителей (рис. 10).

Экранопланы сверхтяжелого класса со взлетной массой 3—5 тыс. т будут способны осуществлять уже трансокеанские перевозки пассажиров и грузов и обеспечивать основные потребности человечества в быстроходных средствах, необходимых для осуществления работ в открытых морях и океанах.

Предварительные оценки характеристик сверхтяжелых экранопланов показали принципиальную возможность их создания на основе имеющихся в настоящее время конструктивных материалов и перспективных энергоустановок как на органическом, так и ядерном топливе. При этом по массогабаритным характеристикам энергоустановок использование ядерного топлива является предпочтительным, так как при тех же показателях грузоподъемности экранопланов обеспечивается практически неограниченная автономность в пределах ресурса активной зоны реактора. С технической стороны к разработке указанных

энергоустановок можно было бы приступить уже на существующем уровне развития науки, однако сложность и высокая стоимость таких разработок, а также сопутствующие экологические проблемы не позволяют ставить эту задачу в повестку дня. В перспективе возможно также создание для сверхтяжелых экранопланов экологически безопасной и эффективной энергоустановки с использованием водорода в качестве топлива в газотурбинных двигателях.

В заключение следует подчеркнуть, что оправданная и технически обоснованная в настоящее время задача развития экранопланов состоит в дальнейшей разработке и создании экранопланов тяжелого класса применительно к уже существующим потребностям человечества в морских быстроходных средствах.

Литература

1. Анализ возможных технико-экономических характеристик транспортных гидросамолетов и экранопланов/В. П. Соколянский, Е. Б. Скворцов, Н. А. Кривицкий, В. И. Кукса, Ю. М. Никитченко, Р. Р. Билялетдинов//Сб. докладов 2-й научной конференции по гидроавиации «Геленджик-98». М., 1998.
2. АFRAMEEV Э. А. Глобальная система спасения на море на основе тяжелых кораблей-экрanoпланов//Военный парад. 1998. № 4(28).
3. AFRAMEEV E. A. Conceptual bases of WIG craft building: ideas, reality and outlooks//NATO RTO Meeting Proceedings 15 «Fluid Dynamics Problems of Vehicles Operating Near or in the Air—Sea Interface» (Symposium AVT RTO, Amsterdam, Netherlands, 1998). Canada, 1999.

**НЕПОТОПЛЯЕМОСТЬ ПОДВОДНЫХ ЛОДОК:
НОВЫЕ РАСЧЕТНЫЕ МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ**

О. Ф. Зайнуллин, Н. В. Ратников (СПМБМ «Малахит»)

УДК 629.5.015.11

Логическим развитием цикла работ по исследованию тяжелых, развивающихся во времени аварий подводных лодок (ПЛ), выполненных в СПМБМ «Малахит» [1], является разработка общей концепции построения расчетной единой модели надводной и подводной непотопляемости ПЛ — РЕМН.

В настоящее время вопросы непотопляемости подводной и надводной фаз развития одной и той же аварийной ситуации рассматриваются отдельно без учета их взаимосвязанности. Более того, такие аварии исследуются в двух самостоятельных разделах теории корабля — в динамике и статике, в каждом из которых используются свой расчетно-методический аппарат и различные программно-вычислительные технологии. Естественный, связывающий обе фазы развития аварии, процесс пересечения поверхности воды до настоящего времени практически не рассматривался в связи со сложностью математического описания и большими затратами машинного времени при расчетах даже на достаточно мощных ЭВМ. Наши исследования показали, что для решения задач подводной и надводной непотопляемости ПЛ может быть принято единое математическое описание состояния ПЛ (движущейся и неподвижной; аварийной и неповрежденной) в виде дифференциальных уравнений движения твердого тела, свободно плавающего без опоры в однородной жидкости с шестью степенями свободы.

Для обычно применяемых в теории корабля систем координат (свя-

занной OXYZ и неподвижной O₁ξηζ), приведенных на рис. 1, запишем выражения для главного вектора R и момента M сил, действующих на ПЛ

$$\left. \begin{aligned} R &= R(x, \dot{x}, \ddot{x}, y, \dot{y}, \ddot{y}, z, \dot{z}, \ddot{z}, \theta, \dot{\theta}, \ddot{\theta}, \varphi, \dot{\varphi}, \ddot{\varphi}, \psi, \dot{\psi}, \ddot{\psi}, t, \dots); \\ M &= M(x, \dot{x}, \ddot{x}, y, \dot{y}, \ddot{y}, z, \dot{z}, \ddot{z}, \theta, \dot{\theta}, \ddot{\theta}, \varphi, \dot{\varphi}, \ddot{\varphi}, \psi, \dot{\psi}, \ddot{\psi}, t, \dots); \end{aligned} \right\}$$

где x, ..., z̄ — проекции поступательного перемещения центра тяжести ПЛ и соответствующие скорости и ускорения; θ, ..., ψ — угловые параметры положения ПЛ в пространстве (крен, курс, дифферент) и соответствующие угловые скорости и ускорения; t — текущее расчетное время движения ПЛ.

Тогда уравнения движения могут быть записаны в общем виде

$$\left. \begin{aligned} m_x(\ddot{x}) &= R_{x'} \\ m_y(\ddot{y}) &= R_{y'} \\ m_z(\ddot{z}) &= R_{z'}; \\ J_{xx}(\ddot{\theta}) &= M_{x'} \\ J_{yy}(\ddot{\varphi}) &= M_{y'} \\ J_{zz}(\ddot{\psi}) &= M_{z'} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где m, J, — инерционные характеристики ПЛ и их проекции (массы и массовые осевые моменты ПЛ с учетом или без учета присоединенных масс).

Для краткости последующих записей запишем систему уравнений (1) в обобщенных координатах q_n для шести степеней свободы (n = 1, 2, ..., 6);

$$m_n \ddot{q}_n = R(q_n, \dot{q}_n, \ddot{q}_n, t, \dots). \quad (2)$$

Для упрощения записи в левых частях уравнений (1) и (2) приведены только главные составляющие инерционных сил ПЛ, соответствующие диагональным элементам полной матрицы инерции твердого тела.

При решении задач подводной непотопляемости для движущейся ПЛ уравнения (2) непосредственно

интегрируются по времени методами, принятыми в динамике ПЛ. Практическая технология таких расчетов достаточно отработана.

Статическое равновесие корабля предлагается рассматривать как частный случай движения, когда динамические параметры ПЛ (скорости и ускорения) равны нулю или настолько незначительны, что ими можно пренебречь.

Исследования показали, что при решении задач надводной непотопляемости на основе уравнений движения можно получить не только обычные расчетные статические элементы аварийного корабля, но и качественно новые результаты. Способ расчета параметров статического равновесия корабля на основе уравнений движения ПЛ назван методом динамического расчета статики (ДРС) корабля.

В статике корабля расчет параметров статического равновесия ПЛ производится методом последовательных приближений, в которых используются элементы действующей ватерлинии (ВЛ): площадь, статические моменты и моменты инерции. Как показало моделирование тяжелых и не локализованных аварий, указанные расчетные элементы ВЛ (с учетом поправок на свободные поверхности воды в затопленных помещениях), при больших дифферентах (до 10—20°) могут «вырождаться» и принимать слишком малые или отрицательные значения. При этом стандартный расчетный алгоритм метода последовательных приближений часто не позволяет определить параметры статического равновесия корабля, хотя физически оно существует. Это обстоятельство явилось одной из причин отказа от использования в РЕМН классических методов расчета и необходимости разработки нового метода, каким является метод ДРС. Другая причина связана с тем, что использование метода ДРС создает предпосылки для решения вопросов минимальной статической остойчивости при исследовании больших наклонений аварийного корабля.

В статике корабля имеются теоретические разработки по расчетам различного рода диаграмм статической остойчивости [2], в том числе, диаграмм минимального момента и минимальной работы, в которых при рассмотрении обычных

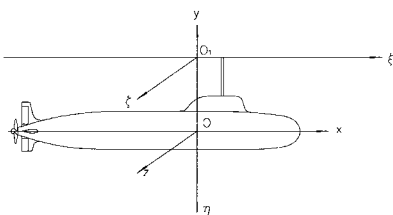


Рис. 1. Системы координат

наклонений корабля по крену и дифференту определенным образом учитывается вращение корабля в горизонтальной плоскости, связанное с изменением ориентации оси и плоскости его наклонения. Однако практической методики для расчета таких диаграмм разработано не было. По нашему мнению, параметры минимальной статической остойчивости наиболее актуальны для несимметричных затоплений помещений кораблей с малыми удлинениями корпуса (плавучие платформы и др.).

В методе ДРС шесть равновесных параметров посадки, определяемых при решении системы (2), характеризуют положение корабля в пространстве без каких-либо ограничений по любому возможному направлению поступательных перемещений и наклонений ПЛ. Как известно, статическое равновесие аварийного корабля (осадка, крен и дифферент) не зависит от места корабля на море и его курса. Однако учет всех пространственных равновесных параметров при исследовании статической остойчивости на больших углах наклонения приводит к возможности расчетного определения элементов корабля «непосредственно в пространстве минимальной остойчивости». Суть практической расчетной технологии метода ДРС заключается в следующем.

1. В соответствии с методологией решения задач динамики, ПЛ считается удифферентованной в подводном положении, т. е. суммарное действие сил веса и плавучести ПЛ проявляется только в коэффициенте подводной остойчивости: $V_{\Pi} h_{\Pi} = \text{const}$, где V_{Π}, h_{Π} — водоизмещение и метацентрическая высота ПЛ в подводном положении. Это основное положение относительно подводного водоизмещения ПЛ в методе ДРС сохраняется и при решении задач статики. Все отклонения от этого состояния (продутые объемы цистерн; вода, поступившая внутрь корпуса при аварии; вышедшие непроницаемые объемы корпуса выше ватерлинии и т. д.) рассматриваются как внешние силовые воздействия на удифферентованную ПЛ в виде принятых или снятых грузов.

2. При рассмотрении статического равновесия корабля как частно-

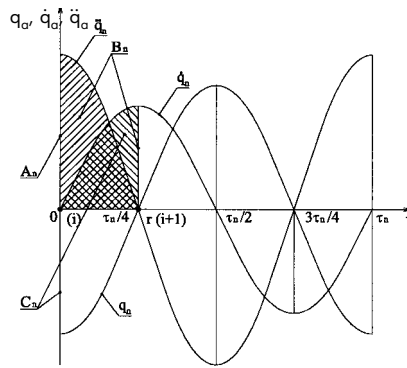


Рис. 2. Скорости и ускорения гармонических колебаний по обобщенной координате q_n

го случая движения при нулевых скоростях и ускорениях уравнения (2) превращаются в нулевые тождества. Соответственно этому в правых частях уравнений элементы сил, зависящие от времени, скоростей, ускорений и т. д., будут отсутствовать (равны нулю), а элементы сил веса и плавучести будут зависеть только от параметров пространственного положения корабля и иметь нулевые значения только при равновесных параметрах посадки, т. е. уравнения (2) записываются в виде:

$$R(q_n)_r = 0, \tag{3}$$

где r — индекс статического равновесия корабля.

Система (3) определяет, по сути, условия статического равновесия корабля в общей пространственной постановке [3, 4]: первые три уравнения системы соответствуют обычному уравнению плавучести из статики корабля (равенство сил веса и плавучести), а следую-

щие три характеризуют условия равновесия по углам наклонения.

3. Если условия равновесия (3) оказываются нарушенными, то параметры равновесного положения определяются при решении системы (2) специальным способом последовательных приближений по известной схеме:

$$(q_n)_{i+1} = (q_n)_i + \delta(q_n)_i; \tag{4}$$

$$|\delta(q_n)_{i+1}| \leq \epsilon_n, \tag{5}$$

где ϵ_n — точность расчета по соответствующей обобщенной координате.

4. Основное положение, на котором базируется метод ДРС, заключается в том, что при плавании в надводном положении корабль рассматривается как твердое тело (груз), находящееся на упругом основании, в качестве которого принята водная среда. Реактивными усилиями такого основания являются силы плавучести корабля. В соответствии с этим решение дифференциальных уравнений (2) на каждом приближении предлагается искать в форме гармонических колебаний по каждой обобщенной координате

$$\left. \begin{aligned} \ddot{q}_n &= A_n \cos[(2\pi/\tau_n)t], \\ \dot{q}_n &= B_n \sin[(2\pi/\tau_n)t], \\ q_n &= C_n \cos[(2\pi/\tau_n)t], \\ \delta q_n &= C_n \end{aligned} \right\} \tag{6}$$

где A_n, B_n, C_n — амплитуды колебаний по ускорениям, скоростям и обобщенным координатам; τ_n — период колебаний по соответствующей

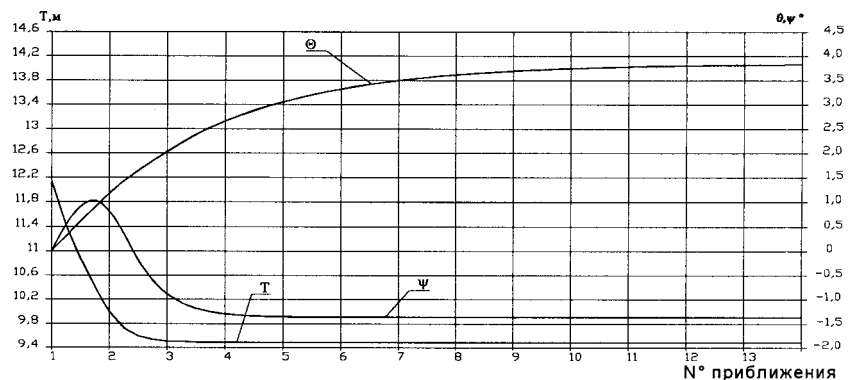


Рис. 3. Результаты расчета контрольного примера по методу ДРС

щей обобщенной координате; t — текущее время колебаний.

Процессы, описываемые выражениями (6) предполагают, что в начале колебаний ускорение колеблющегося тела максимально, а скорость равна 0. При прохождении телом положения равновесия ускорение его должно быть нулевым, а скорость максимальной.

На рис. 2 схематично приведены графики перемещений, скоростей и ускорений применительно к уравнениям (6), а также механизм организации последовательных приближений. Если при параметрах посадки ПЛ в i -ом приближении (точка 0) расчетные элементы сил веса и плавучести оказались неуравновешенными и неравенство (5) не выполняется, то, совершая колебательные движения в принятой форме (6) под действием этих неуравновешенных сил, ПЛ должна будет пройти равновесное положение (точка 1) в момент времени, равный одной четвертой части периода колебаний. Для этого момента времени $[t = 1/4(\tau_n)]$ определяются расчетные параметры посадки ПЛ (в точке 1), которые принимаются в качестве $(i+1)$ -го приближения. В этом приближении снова производится расчет этих элементов и выполняется проверка неравенства (5).

Из рис. 2 также видно, что параметры перемещений ПЛ в обобщенных координатах определяются путем непосредственного интегрирования выражений (6), в результате чего находятся амплитуды колебаний A_n, B_n, C_n и организуются последовательные приближения по выражениям (4) и (5):

$$\left. \begin{aligned} A_n &= \dot{q}_n|_{t=0} = R(q_n)/m_n; \\ B_n &= \dot{q}_n|_{t=\tau/4} = \int_0^{\tau/4} \ddot{q}_n dt = [R(q_n)/m_n] \cdot [\tau_n/2\pi]; \\ C_n &= \dot{q}_n|_{t=0} = \int_0^{\tau/4} \ddot{q}_n dt = [R(q_n)/m_n] \cdot [\tau_n/2\pi]^2; \\ \delta q_n &= C_n = [R(q_n)/m_n] \cdot K(\tau_n). \end{aligned} \right\} (7)$$

В выражениях (7) введен коэффициент фактора времени $K(\tau_n)$, который получен в результате непосредственного интегрирования: $K(\tau_n) = (\tau_n/2\pi)^2$. Этот коэффициент здесь рассматривается как формальный параметр, позволяющий получить результаты в конечном виде. Выбор

и значение его могут повлиять на скорость сходимости процесса последовательных приближений, не изменяя физической сути процесса.

Параметры посадки и, соответственно, зависящие от них силы веса и плавучести, определяются в неподвижной системе координат $O_1\xi\eta\zeta$, в то время как параметры движения тела определены для связанной системы координат OXYZ. Приращения по параметрам посадки в системе координат $O_1\xi\eta\zeta$ могут быть определены на основе известных формул связи линейных и угловых скоростей корабля в системе OXYZ:

$$\dot{Q} = F(v_x, v_y, v_z, \omega_x, \omega_y, \omega_z, \theta, \varphi, \psi), \quad (8)$$

где $\dot{Q}_n = \xi, \eta, \zeta, \theta, \varphi, \psi$ — параметры пространственной посадки ПЛ; v_x, v_y, v_z — поступательная скорость движения ЦТ ПЛ в проекциях на оси координат связанной системы OXYZ; $\omega_x, \omega_y, \omega_z$ — скорость вращения ПЛ в тех же проекциях.

5. В порядке раскрытия зависимостей (4)–(8), опуская промежуточные выкладки вычислительного характера, выражения для параметров пространственной посадки ПЛ $(i+1)$ -го приближения имеют вид:

$$(Q_n)_{i+1} = (Q_n)_i + [Q_n(C_n, \theta, \varphi, \psi)]_i. \quad (9)$$

6. После определения параметров статического равновесия по методу ДРС возможен переход к стандартным параметрам посадки в статике корабля с целью получения обычных элементов корабля, рассчитанных по методу приема груза.

Приведенная расчетная технология по методу ДРС была проверена на практических расчетах для характерных случаев аварий ПЛ. На рис. 3 представлены кривые, иллюстрирующие результаты использования метода ДРС при определении обычных для статике корабля параметров статического равновесия ПЛ.

Сравнительный анализ результатов, полученных по методу ДРС, с проектными данными показал их удовлетворительную сходимость. Надежность и универсальность метода ДРС базируется на основных методических решениях, связанных с тем, что параметры аварийного корабля определяются непосредственно на основе элементов статичес-

ких сил, действующих на корабль, и стабильных инерционных характеристик без традиционного «посредничества» элементов ВЛ.

7. В теории диаграмм минимальной остойчивости рассматриваются две составляющие полного момента сил веса и плавучести — обычный восстанавливающий момент корабля и деривационный момент, обусловленный несовпадением вектора полного момента и оси наклона корабля на так называемый угол расхождения φ [3]. Угол курса φ , определяемый в составе параметров пространственной равновесной посадки по методу ДРС, по нашему мнению, соответствует в определенной степени указанному углу расхождения, что дает возможность исследовать статическую остойчивость аварийного корабля непосредственно в пространстве минимальной остойчивости.

Заключение. В цикле работ по единой расчетной модели непотопляемости подводных лодок разработка практической технологии по методу ДРС является одной из ряда новых расчетных методик, предложенных и реализованных в СПМБМ «Малахит» при решении различного рода задач по непотопляемости и живучести ПЛ. В последующем возможно использование данной методики при решении задач эксплуатационного характера (погружение и всплытие, в том числе с проламыванием льда и др.). Для дальнейшего развития предложенных расчетных методов и технологий должны быть выполнены более детальные исследования по вопросам практических расчетов параметров минимальной остойчивости применительно к кораблям, судам и плавсредствам различных типов и назначений.

Литература

1. Антонов А. М., Ратников Н. В. Компьютерное моделирование тяжелых аварий для задач непотопляемости подводных лодок // Судостроение. 1998. № 1.
2. Зайнуллин О. Ф., Ратников Н. В. Расчеты статике корабля динамическим методом // Сб. докладов Третьей международной конференции по морским интеллектуальным технологиям МОРИНТЕХ-99. СПб., 1999.
3. Мальцев Н. Я. Дорогостайский Д. В., Прытков Ю. К. Теория непотопляемости судна. Л.: Судостроение, 1973.
4. Крылов А. Н. Избранные труды. М.: АН СССР, 1958.

ВЛИЯНИЕ ДИФФЕРЕНТА НА ХОДОВЫЕ КАЧЕСТВА СУДНА

В. Б. Жинкин, канд. техн. наук (СПбГМТУ)

УДК 629.5.016.5

О влиянии дифферента на ходовые качества судна известно достаточно давно. Так, еще сорок лет назад, на основании анализа эксплуатационных рейсов судна типа «Либерти» ($L \times B \times T = 127 \times 17,3 \times 8,23$ м, $\delta = 0,752$) было выявлено, что при движении с дифферентом $\bar{d} = (T_k - T_n)/L = 0,5\%$ (где T_n, T_k — осадка носом и кормой; L и B — длина и ширина судна) скорость составляет 12 уз, в то время как при незначительном отклонении от этой посадки ($\bar{d} = -0,5\%$ и $\bar{d} = 1\%$) скорость снижается на 0,5 уз, а при $\bar{d} = 2\%$ — на 1 уз [1].

Несколько позже были опубликованы данные 350 наблюдений за скоростью еще одного судна типа «Либерти» — теплохода «Александр Суворов» [2]. Максимальная скорость 11,2 уз достигалась также при дифференте на корму $\bar{d} = 0,5\%$, отклонение от него в обе стороны на $\Delta d = \pm 0,5\%$ приводило к падению скорости на 0,5 уз и более. При некотором различии максимальной скорости движения, проведенные исследования свидетельствуют о наличии оптимального дифферента $d_{\text{опт}} = 0,5\%$, движение с которым при $11-12$ уз ($Fr = v/\sqrt{gL} = 0,16 \dots 0,18$) приводит к увеличению скорости судов типа «Либерти» на 0,5 уз, т. е. приблизительно на 4,5%. С учетом того, что затрачиваемая на движение мощность P_s пропорциональна скорости в третьей степени, выигрыш в мощности в первом приближении можно оценить в 14%.

Дифферент, влияя на ходовые качества судна, приводит к изменению формы корпуса ниже ватерлинии, что, в свою очередь, влечет за собой изменение сопротивления движению R , а также и характеристик взаимодействия гребного винта и корпуса, интегрально учитываемых коэффициентом влияния корпуса η_n . В принципе, можно ожидать и некоторого изменения КПД гребного винта в свободной воде.

Обоснование влияния дифферента на сопротивление движению приводится в работе [3], из которой следует, что дифферент на корму

сопровождается увеличением сопротивления формы и снижением волнового сопротивления, а дифферент на нос приводит к противоположному эффекту. Сопротивление в каждом конкретном случае определяется соотношением положительных и отрицательных изменений. Изменение дифферента судна, имеющего носовую бульбу и транцевую корму, сопровождается изменением заглубления бульбы и погрешения транца. Последнее в значительной степени также определяется как динамическим изменением посадки, так и волновым профилем, которые, в свою очередь, будут зависеть от относительной скорости движения — числа Фруда.

Изложенные выше обстоятельства делают теоретические прогнозы влияния дифферента малоперспективными — сопротивление зависит от слишком большого количества факторов, чтобы пытаться все их корректно учесть: форма и расположение бульбы и транца относительно поверхности воды, форма носовых и кормовых ветвей ватерлиний, ходовой дифферент, картина волнообразования и др. Поэтому основным способом изучения указанного влияния следует признать модельный и натурный эксперименты.

В связи с этим было проведено большое количество испытаний, в том числе и систематических серий моделей судов. Так, в работе [4] приводятся данные обстоятельного эксперимента, в процессе которого испытывались модели с коэффициентом общей полноты $\delta = 0,68 \dots 0,80$ при относительных скоростях $Fr = 0,16 \dots 0,24$ для значений дифферента $\bar{d} = 0$ и $\bar{d} = 2\%$ (на корму). Результаты буксировочных испытаний пересчитывались на «стандартное» судно с $L \times B \times T = 122 \times 6,8 \times 7,62$ м.

Сопоставим данные по «стандартному» судну с данными «Либерти». Главные размерения и соотношения судов близки: $L/B = 7,34$ и $7,26$, $V/T = 2,1$ и $2,2$ соответственно. Кроме того, в обоих случаях отсутствует носовая бульба. По результатам испытаний модели для «стандартно-

го» судна с $\delta = 0,75$ при относительной скорости $Fr = 0,18$ дифферент на корму $\bar{d} = 2\%$ приводит к увеличению сопротивления, по сравнению с посадкой на ровный киль ($\bar{d} = 0$), приблизительно на 6%. По данным [1] такое же изменение дифферента дает снижение скорости на 1 уз, что эквивалентно повышению требуемой для движения мощности почти на 25%. Столь существенное расхождение в оценках ухудшения ходкости при $\bar{d} = 2\%$ на корму вряд ли можно отнести только за счет погрешностей экспериментов. Скорее всего у рассматриваемых судов были значительные различия в форме, не учитываемые обобщенными характеристиками L/B , V/T и δ . Подобных примеров можно было бы привести еще несколько.

Изложенные факты ставят под сомнение возможность создания систематической серии моделей, испытания которых дали бы исчерпывающую информацию о влиянии дифферента на сопротивление, так как модели пришлось бы исследовать при различных загрузках и дифферентах в очень широком диапазоне относительных скоростей.

Пропульсивные испытания, проведенные в опытовом бассейне с моделями судов трех типов, имеющих носовые бульбы и различную полноту $\delta = 0,68 \dots 0,78$, позволили прийти к выводу [5], что в наибольшей степени потребляемая мощность зависит от дифферента на судах, имеющих полные обводы при невысоких скоростях движения. В меньшей степени эта зависимость проявляется на относительно быстрходных судах.

Был зафиксирован и такой интересный факт: для судна типа «Меридиан» ($147 \times 21,8 \times 9,0$ м; $\delta = 0,68$) при загрузках 14 000, 16 000 и 18 000 м³ в диапазоне скоростей $Fr = 0,20 \dots 0,26$ оптимальным является дифферент на нос $\bar{d} = -0,5\%$. Аналогичные результаты для близкого по форме судна были получены автором и в СПбГМТУ (бывш. ЛКИ). Указанные данные в определенной степени противоречат «хорошей морской практике», рекомендующей избегать дифферента на нос.

Основной недостаток модельных испытаний — неизбежный масштабный эффект вследствие невозможности моделирования по числу Рейнольдса. Прежде всего проана-

лизируем влияние указанного масштабного эффекта на сопротивление движению. Основная его часть — вязкостное сопротивление — подчиняется критерию Рейнольдса и определяется площадью смоченной поверхности Ω , коэффициентами сопротивления трения C_F и формы C_{VP} . Что касается площади Ω , то, строго говоря, для каждой посадки она может быть рассчитана по теоретическому чертежу. Правда, проведенные в СПбГМТУ расчеты показали, что при дифференте судна в пределах $d = \pm 2\%$ изменение этой площади имеет один порядок с погрешностью ее расчета. Коэффициент сопротивления трения при неизменной скорости также остается постоянным. Он определяется числом Рейнольдса, влиянием которого при различных дифферентах можно пренебречь. Следовательно, как у модели, так и у натурального судна изменение дифферента практически не скажется на сопротивлении трения. От дифферента будет зависеть только остаточное сопротивление, которое, следуя общепринятым допущениям, можно считать функцией моделируемого критерия подобия Фруда. Таким образом, анализ влияния дифферента практически сводится к изучению зависимости от него коэффициента остаточного сопротивления C_R , который для модели и натуре одинаков. Этот факт можно считать дополнительным доводом в пользу модельного эксперимента, точность которого возрастает за счет того, что исследуются не достаточно малые изменения сопротивления в целом, а гораздо большие относительные различия в коэффициентах остаточного сопротивления. Это позволяет предположить, что модельные исследования влияния дифферента на сопротивление будут сопровождаться минимальным масштабным эффектом.

Поскольку интерес представляет эффективность судна в целом, рассмотрим и другие ее определяющие параметры: составяющие пропульсивного коэффициента η_D , коэффициент влияния корпуса η_H и КПД гребного винта η_Q . Что касается последнего, то трудно ожидать большого его изменения: при дифферентах в интересном с практической точки зрения диапазоне $d = \pm 2\%$ максимальный скос потока не будет превышать $\varphi = 1,2^\circ$, что, как известно, не должно заметно сказаться на рабо-

те гребного винта. Если, исходя из предыдущих оценок, предположить, что сопротивление, а вместе с ним и упор гребного винта будут изменяться в пределах $\delta R = \delta T = \pm 5\%$, то за счет изменения коэффициента нагрузки по упору C_{TA} КПД умеренно нагруженного ($C_{TA} = 1$) гребного винта изменится не более, чем на $\delta \eta_Q = 0,7\%$, а тяжело нагруженного ($C_{TA} = 5$) — на $\delta \eta_Q = 1,5\%$. При этом снижение сопротивления в районе оптимального дифферента приведет к увеличению КПД винта. Не учет этого обстоятельства будет «работать» в безопасную сторону — снижать ожидаемый эффект по сравнению с фактически достижимым.

Сложнее обстоит дело с коэффициентом влияния корпуса η_H , достоверное прогнозирование характера изменения которого представляется практически невозможным. Единственное, что достоверно можно утверждать, — именно здесь следует ожидать максимального проявления масштабного эффекта. А если к тому же не исключен немоделируемый отрыв потока в кормовой оконечности, что может иметь место для достаточно полных судов, то сложность прогнозов последствий этого явления на сопротивление и на коэффициент влияния корпуса многократно возрастает. Изложенное выше позволяет сделать парадоксальное, на первый взгляд, предположение: максимальная достоверность определения оптимального дифферента достигается в ходе простейшего эксперимента — буксировочных испытаниях, существенно усложнив и повысив стоимость исследований, не только не приведут к повышению точности прогнозов, но даже могут дать противоположный эффект.

Естественно, что натуральный эксперимент лишен масштабного эффекта — это его основное достоинство. Однако большое количество исследуемых режимов в достаточно широком диапазоне водоизмещения, дифферента и скорости движения исключает проведение «чистого» эксперимента, его осуществление возможно только в процессе эксплуатации. С одной стороны, это не так уж и плохо — стоимость работ по определению $d_{оп}$ снижается, с другой — осуществление эксперимента станет возможным только при благоприятном стечении ряда обстоя-

тельств: гидрометеорологических условий, эксплуатационной загрузки, возможности реализации заданного дифферента и скорости движения.

Результаты натурального эксперимента будут тем более достоверны, чем больше величин будут в ходе его регистрироваться, т. е. одновременный замер упора, момента сопротивления и частоты вращения гребного винта, потребляемой им мощности, расхода топлива и скорости движения судна. Упоромерами не оборудуется большинство транспортных судов, значительная их часть не имеет и штатных торсиометров. Однако даже если бы эти приборы были, погрешности их измерений составляют 3% и более, т. е. имеют один порядок с ожидаемыми в ходе исследований изменениями измеряемых величин. Способы определения мощности и расхода топлива тоже не отличаются высокой точностью, а кроме того, не всегда возможна их реализация. Поэтому оптимальный дифферент можно определять по косвенным данным, исходя из замеров частоты вращения гребного винта и скорости судна в процессе эксплуатации. На достоверность результатов натурального эксперимента отрицательно влияют также следующие факторы: сложность в эксплуатационных условиях не только задания, но даже достаточно точного определения средней осадки и дифферента судна; невозможность в полной мере повторения исследуемых режимов $D = \text{const}$, $d = \text{const}$, $V_s = \text{const}$; деформация корпуса, влияние которой, в допустимых пределах, может быть соизмеримо с влиянием на ходовые качества дифферента.

Так, для сухогрузного судна водоизмещением 22 000 т (161 x 23,1 x 8,52 м) на миделе допускается стрелка прогиба $\pm 0,16$ м [6], что эквивалентно изменению дифферента на $\Delta d = 0,2\%$. Более того, при прогибе деформация корпуса для носовой оконечности будет давать эффект, аналогичный дифференту на корму, а для кормовой — на нос. При перегибе характер влияния изменится на противоположный. Указанная неоднозначность усугубляется тем, что при заданной посадке судна деформация корпуса может изменяться в достаточно широких пределах. Все это на фоне сравнительно небольшого (5—8%) искомого эффекта от влияния дифферента

на ходовые качества судна, на наш взгляд, делает малоперспективным достаточно быстрое и достоверное решение поставленной задачи в полном объеме. Выход из положения — накопление очень большого статистического материала, что также далеко не всегда возможно. Кроме того, возникает и проблема выбора критерия определения оптимального дифферента [7] — по скорости, частоте вращения винта, расходу топлива (часовому или на милю пути).

Изложенное выше относилось к определению оптимального дифферента в ходе эксплуатационных рейсов на тихой воде. При движении в штормовых условиях аналогичные исследования осложняются тем, что к перечисленным проблемам добавляется необходимость регистрации, обработки и анализа характеристик волнения и ветра. По-видимому, в данном вопросе сегодня мы можем полагаться только на модельный эксперимент, в частности на регулярном волнении, методики проведения и обработки результатов которого достаточно хорошо отработаны.

Большинство перечисленных проблем могут быть преодолены. Широко известны уникальные данные, полученные в Бельгии в ходе многолетних исследований мореходных качеств на натуральных судах. Однако как раз уникальность подобных исследований и свидетельствует о практической невозможности их массового тиражирования на большом количестве судов, находящихся в эксплуатации.

Тем не менее, ситуация с определением оптимального дифферента отнюдь не безнадежна. Исследования, проведенные в СПбГМТУ [8, 9], в Болгарском институте гидромеханики судна (БИГС) [10] и натуральных условиях на теплоходах, находящихся в эксплуатации [11] показывают, что задача может эффективно решаться средствами модельного эксперимента с дальнейшей проверкой на натуре. Объектом исследований был отечественный контейнеровоз типа «Художник Сарьян» (157 x 25,4 x 8,8 м; $\delta = 0,59$; 20 уз). В опытовом бассейне СПбГМТУ испытывалась модель судна в масштабе 1 : 50. Комплекс включал буксировочные и самоходные испытания на тихой воде и на встречном регулярном волнении. Рассматривались три варианта водоизмещения судна, соответствующие сред-

ним осадкам на миделе $\bar{T} = T/T_{\max} = 1,0; 0,88; 0,66$ (где $T_{\max} = 8,8$ м), а также девять значений дифферента, изменяющегося в пределах от $d = -2,4\%$ (на нос) до $d = +3,7\%$ (на корму). Методика обработки результатов заключалась в отыскании для постоянных значений водоизмещения (средней осадки) и скорости (числа Фруда) оптимального дифферента, который при буксировочных испытаниях соответствовал минимальному значению коэффициента остаточного сопротивления, а при самоходных — минимуму потребляемой гребным винтом мощности. Сопоставление результатов испытаний на тихой воде и на волнении позволили прийти к выводу, что значения оптимальных дифферентов в обоих случаях практически совпали. Однако этот вывод относится только к рассматриваемому судну. Для судов, отличающихся по форме, диапазону рабочих скоростей и т. д., в принципе не исключено, что оптимальные дифференты на тихой воде и на волнении будут различными.

Буксировочные и самоходные испытания в опытовом бассейне БИГС [10] проводились на модели длиной почти 7 м (масштаб 1 : 23,5). Программа испытаний была близка к программе, проводимой в СПбГМТУ (в БИГС не исследовалось движение модели на волнении). Основные выводы испытаний с моделями различной длины в различных лабораториях совпали: при постоянных водоизмещении и скорости движения найденные в ходе буксировочных и самоходных испытаний величины оптимального дифферента практически равны между собой. В обоих случаях одинаковыми оказались и конкретные значения этих оптимальных дифферентов.

Натурный эксперимент проводился в эксплуатационных рейсах на двух контейнеровозах типа «Художник Сарьян»: «Художник Пророков» и «Надежда Обухова» [11]. В качестве оптимального принимался дифферент, при котором расход топлива был минимальным. Это соответствовало максимальным значениям измеряемых частоты вращения ГВ и скорости судна при неизменной цикловой подаче топлива в двигатель. Результаты натурных испытаний полностью подтвердили данные, полученные на моделях различного масштаба. Так, для суд-

на в полном грузу при скорости 19 уз ($Fr = 0,25$) оптимальный дифферент при натуральных испытаниях $d_{\text{opt}} = 1\%$, а у модели в масштабе 1 : 50 — $d_{\text{opt}} = 1,1\%$. Необходимо отметить, что исследуемые зависимости сопротивления и мощности от дифферента, как правило, представляют собой плавные кривые, найти точное значение экстремума которых невозможно. С учетом этого факта, более корректно говорить не о конкретной величине оптимального дифферента, а о зоне, соответствующей оптимуму. Поэтому полученное в ходе натурального и модельного экспериментов совпадение данных можно считать практически полным.

Натурные и модельные исследования практически подтвердили справедливость сформулированных в начале статьи предположений о слабом влиянии на изучаемые явления числа Рейнольдса и о том, что в ряде случаев можно ограничиться достаточно простым экспериментом — буксировочными испытаниями сравнительно небольшой модели в опытовом бассейне. Очевидно, что это отнюдь не умаляет роль натурального эксперимента. Поэтому наилучшим является сочетание обширного модельного эксперимента с ограниченным натурным, в процессе которого только уточняются зоны оптимального дифферента и эффективность его использования.

Проиллюстрируем вышеизложенное конкретными примерами, рассчитанными в основном на судовладельцев и эксплуатационников. В исследованиях [12] показано, что для среднетоннажного балкера ($L/B = 6,75$; $V/T = 2,49$; $\delta = 0,81$ — в полном грузу) движение с оптимальным дифферентом позволяет экономить до 6% топлива. Произведем оценку экономической эффективности применительно к отечественному навалочнику «Балтика» (47 900 т; 186 x 27,8 x 11,2 м; $L/B = 6,69$; $V/T = 2,48$; $\delta = 0,805$), считая, что при движении в полном грузу с расчетной скоростью 15,7 уз топливосбережение составляет те же 6%. Принимая для двигателя судна, дизеля мощностью 10 700 кВт, удельный расход топлива 0,2 кг/(кВт·ч), получим суточную экономию топлива $0,2 \cdot 10^{-3} \times 10\,700 \times 24 \times 0,06 = 3,1$ т и годовую (считая ходовое время равным 250 сут в год) — 770 т. Если цена тяжелого дизельного топлива составля-

ет около 120 дол. за одну тонну, то годовая эффективность движения с оптимальным дифферентом составит более, чем в 90 000 дол.

Пример относится к сравнительно тихоходному судну полных образований, когда, по данным цитированных исследований, эффект в процентном отношении максимальный. Но для быстроходных транспортных судов при меньшем относительном выигрыше абсолютная его величина может оказаться значительной за счет более высокой энерговооруженности, а следовательно, большей мощности главной механической установки.

Стоимость модельного эксперимента по определению оптимального дифферента зависит от размеров модели, количества рассматриваемых вариантов, номенклатуры испытаний — буксировочные, самоходные, на тихой воде, на волнении. Однако она очевидно меньше годо-

вого экономического эффекта для балкера.

В заключение необходимо отметить, что использование оптимального дифферента — самый дешевый из всех существующих способов повышения ходовых качеств судна [9]. Кроме того, не исключается применение и других энергосберегающих устройств и технологий.

Литература

1. Буянов Н. Влияние дифферента на скорость хода судна//Морской флот. 1958. № 10.
2. Шувалов В. Выбор дифферента на переход//Морской флот. 1961. № 11.
3. Бронников А. В. Морские транспортные суда. Л.: Судостроение, 1984.
4. Moor D. J., Parker M. N., Pattulo R. N. M. The BSRA Methodical Series — an overall presentation. Geometry of forms and variation of resistance with block coefficient and longitudinal centre of buoyance.//Trans. RJNA, 1961.
5. Detlefs H. R., Mewis F., Ropcke H.J., Ein Verfahren zur Ermittlung der optimalen Trimmlage eines Schiffes//Schiffbauauforschung. 1983. N 1.
6. Максимаджи А. И. Капитану о прочности корпуса судна. Л.: Судостроение, 1988.

7. Prodanov S., Yanev S., Chernev D. The Influence of Dranght and Trim on Ship Propulsion//4-th International Congress of International Marime Assotiaioin of East Mediterranean//IMAEM'87. Vol. 5. Ref. 167, Varna, Bulgary.
8. Жинкин В. Б. Современные способы топливосбережения на судах//Морской флот. 1993. № 5/6.
9. Жинкин В. Б., Бережных О. А. Использование энергосберегающих решений на морских транспортных судах//Судостроение. 1996. № 1.
10. Bogdanov P., Genov E., Kostov D., Lazarov S., Papazov A., Lipis V., Petrov A. Systematic Experimental Investigation of Trim Influence on the Propulsive Characteristics of High — Speed Merchant Ships//IMAEM'87. Vol. 5. Ref. 163, Varna, Bulgary.
11. Определение оптимального дифферента судов типа т/х «Художник Сарьян»/В. Б. Жинкин, А. В. Липис, А. А. Петров, И. Е. Товстых//Сб. трудов ЦНИИМФ: Новые типы судов и их мореходные качества. Л.: Транспорт, 1987.
12. Coranov S., Lazarov S., Genov E. Systematic Experimental Investigation on the Influence of Trim on a Medium Tonnage Ship Propulsive qualites Applying the new NSMB Method//15-th Jubille Session SMSSTH'86. Varna, Bulgary, 1986.

К ВОПРОСУ О ПРОЕКТИРОВАНИИ СВЕРХСКОРОСТНЫХ ПАРУСНЫХ КАТАМАРАНОВ НА ПОДВОДНЫХ КРЫЛЬЯХ

Л. М. Бобков, В. И. Блинов

УДК 629.525.4.01

Авторами данной статьи являются бывшие главные конструкторы проектов боевых кораблей и подводных лодок ветераны отрасли Леонид Михайлович Бобков и Василий Иванович Блинов. Они развивают идею создания сверхскоростного парусника на подводных крыльях, не опрокидываемого шквальными ветрами силою δ баллов, способного двигаться со скоростью 60 и даже 80 уз. Приводится расчетное обоснование достижения таких скоростей.

Публикуя эту статью, редакция надеется, что специалисты-яхтостроители выскажут свои соображения по данному предложению.

В книге Джозефа Норвуда «Быстроходные парусные суда. Основы проектирования многокорпусных парусных судов», изданной в 1979 г. в Англии, США, Канаде, Австралии, а также в нашей стране (Л.: Судостроение, 1983), отмечается, что «большинство парусников на подводных крыльях, построенных любителями, не обнаружили, за малым исключением, преимущества в ходовых качествах перед обычными судами. Частично это объясняется завышенным весом и недостаточно продуманной конструкцией. В еще большей степени сказываются недостатки, вызванные слишком большими теоретическими упрощениями, принимаемыми при оценке под-

емной силы подводных крыльев». В конце книги Норвуд выразил уверенность в том, что «для крейсерских многокорпусных парусников на подводных крыльях время еще не пришло, но оно уже на подходе...». Изложенные в книге соображения, возможно, помогут развитию работ в данном направлении и найдут отражение в следующем поколении быстроходных парусников. Ибо, как сказал в своей книге Норвуд: «...самое интересное в плавании под парусом — это скорость».

Обеспечивая развитие работ в данном направлении, Норвуд разработал, в дополнение к формулам для обычных парусников, формулы для сил, создаваемых крыльевыми

элементами, используя для этого (как и для сил, действующих на парус) формулы для воздушного крыла самолета с заменой плотности воздуха ρ_A на плотность воды ρ_n и введением поправок k , σ и Ω на дополнительные сопротивления воды. Кроме того, Норвуд опубликовал графическую иллюстрацию теоремы курсов, по которой определяются силы тяги F_X и дрейфа F_Y паруса, а также представил натурные зависимости аэро- и гидродинамических углов для яхты 12-метрового класса и катамарана «Торнадо», которые можно использовать в качестве прототипов для определения этих углов у других парусников: δ_A — для всех парусников, в том числе и на подводных крыльях; δ_n — для обычных парусников. Расчет скорости хода яхты зависит от значения этих углов, поскольку их сумма определяет курсовой угол вымпельного ветра: $\beta = \delta_A + \delta_n$.

Следует отметить два недостатка теоретических материалов Норвуда, затрудняющих выполнение по ним расчетов подводных крыльев. Первый заключается в отсутствии формул для расчета всех трех составляющих итоговой силы крыльевых устройств R_X , L_Y и L_Z (по осям X , Y , Z), удовлетворяющих трем основным условиям плавания на подводных крыльях: $R_X = F_X$; $L_Y = F_Y$; $L_Z = W$. Из указанных сил Норвуд предлагает вычислять только вертикальную

подъемную силу W , равную водоизмещению ($L_Z = W$). Величина L_Z определяется суммой вертикальных составляющих подъемных сил L всех крыльевых элементов по формуле $L = 0,5\rho_n v_B^2 A_F C_L$, где v_B — скорость хода; A_F, C_L — площадь и коэффициент подъемной силы элемента. При этом Норвуд предложил при расчетах заменять наклонные крылья горизонтальным крылом с двумя вертикальными стойками, что неверно, так как при такой замене исчезает сила противодействия дрейфу, создаваемая наклонными элементами.

В связи с этим, на основе данных, приведенных в книге, определим значения R_X, L_Y и L_Z сначала для крыльевого устройства, изображенного на рис. 1 и состоящего всего из трех элементов 1, 2 и 3:

$$L_Y = 0,5\rho_n v_B^2 (A_{F1} C_{L1} \sin\psi_1 + A_{F2} C_{L2}),$$

$$L_Z = 0,5\rho_n v_B^2 (A_{F1} C_{L1} \cos\psi_1 + A_{F3} C_{L3});$$

$$R_X = 0,5\rho_n v_B^2 (A_{F1} C_{D1} + A_{F2} C_{D2} + A_{F3} C_{D3}),$$

где C_D — коэффициент сопротивления элемента.

Затем представим эти формулы в общем виде для неограниченного количества элементов, введя следующие модули подъемных сил M :

$$M_X = \sum_i A_{Fi} C_{Di}, \quad (1)$$

$$M_Y = \sum_i A_{Fi} C_{Li} \sin\psi_i, \quad (2)$$

$$M_Z = \sum_i A_{Fi} C_{Li} \cos\psi_i. \quad (3)$$

В итоге получим:

$$R_X = M_X (\rho_n/2) v_B^2 = F_X; \quad (4)$$

$$L_Y = M_Y (\rho_n/2) v_B^2 = F_Y; \quad (5)$$

$$L_Z = M_Z (\rho_n/2) v_B^2 = W. \quad (6)$$

Второй недостаток теоретического материала книги заключается в отсутствии методики и зависимости для определения угла гидродинамического сопротивления δ_n и скорости хода v_B , а также примера расчета этих величин и проектирования подводных крыльев на основе этих расчетов. В то же время существующие методики расчета крыла самолета и крыльевых устройств моторных судов для парусников не подходят, а без них квалифицированно спроектировать крыльевые устройства для парусников невозможно.

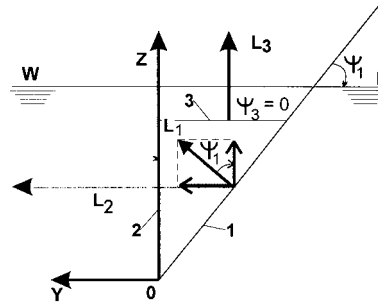


Рис. 1. Схема сил на элементах подводного крыла:
 L_1, L_2, L_3 — длина элементов 1, 2 и 3 крыла; ψ — угол наклона элемента

Остановимся на этой проблеме более подробно.

Аэродинамический расчет летных качеств самолетов (скорость, потолок, продолжительность полета) сводится к построению двух не зависящих друг от друга кривых в функции от скорости полета v_B : кривой подъемной силы, равную весу самолета W , и кривой располагаемой максимальной силы тяги R_p (рис. 2). Пересечение этих кривых дает абсциссу максимальной скорости самолета v_{Bmax} , а абсцисса минимума R_n определяет наивыгоднейшую по дальности скорость полета $v_{Bн}$.

Расчет кривой R_n сводится к определению угла атаки крыла α (его закрылка), обеспечивающего для данной скорости полета равенство подъемной силы крыла весу самолета $L_Z = W$, а затем сопротивления самолета при этом угле. Построение этих кривых было предложено профессором Н. Е. Жуковским в 1911—1912 гг. на лекциях по теоретическим основам воздухоплавания, в связи с чем в России их называют кривыми Жуковского, а в других странах — кривыми Пэна.

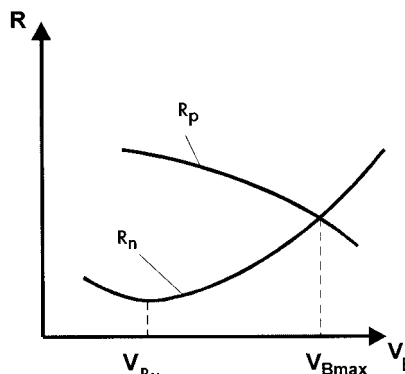


Рис. 2. Кривые Жуковского—Пэна для аэродинамического расчета самолета

Крылья самоходных судов также можно проектировать, пользуясь кривыми Жуковского—Пэна. Для расчета кривой располагаемой мощности R_p нужно задаться рядом скоростей хода v_B и вычислить для них тягу гребного винта (винтов) при работе двигателя на полном числе оборотов. Для расчета кривой потребной силы тяги R_n нужно задаться рядом осадок подводных крыльев и рассчитать для каждой из них значение M_Z , затем R_n . Напишем формулу для $R_X = R_n$ на основании приведенных выше зависимостей (1), (3), (4) и (6);

$$W = L_Z = 0,5M_Z \rho_n v_B^2; \quad v_B = \sqrt{(W/M_Z)(2/\rho_n)}; \quad (7)$$

$$R_X = R_n = 0,5\rho_n v_B^2 \sum_i A_{Fi} C_{Di} = (W/M_Z) \sum_i A_{Fi} C_{Di}.$$

Трудоемкость гидродинамического расчета кривой R_n для самоходного судна на подводных крыльях в несколько раз превышает расчет R_n для самолета, так как в крыльевом устройстве десятки крыльев (у самолета одно) и все их нужно рассчитать, а результаты просуммировать; при этом расчет каждого крыла сложнее, чем самолета, поскольку необходимо дополнительно учитывать влияние поверхности воды (k, σ и Ω).

В отличие от самолетов и моторных судов кривые располагаемой R_p и потребной силы тяги R_n у парусников на подводных крыльях не являются независимыми функциями, а тесно связаны друг с другом величиной скорости ветра v_T и, кроме того, парус как движитель, в отличие от пропеллера или гребного винта, создает в дополнение к силе тяги $F_X = R_p$ еще и силу дрейфа $F_Y = L_p$, которая может в 3—4 раза превышать водоизмещение яхты W .

В итоге, для определения скорости хода крылатого парусника требуется решение системы из четырех уравнений: (4)—(6) плюс зависимость скорости хода v_B от скорости ветра v_T . Однако в книге Норвуда этот факт отмечен не был.

В настоящее время (через 20 лет после издания книги Норвуда) не только любители, но и профессиональные проектировщики парусных яхт все еще не могут квалифицированно спроектировать подводные крылья для парусника — нет методики расчета. Более того, яхтсмены, по-видимому, до сих пор даже не имеют представления о скоростных

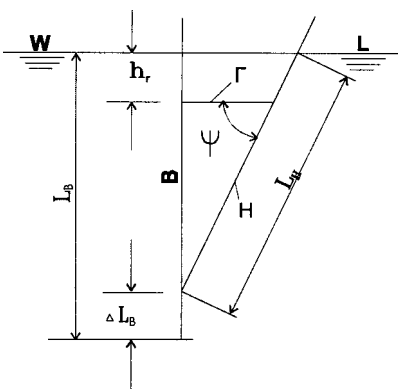


Рис. 3. Схема участка подводного крыла, погруженного в воду при максимальной скорости хода яхты:
 L_B, L_H — длина вертикального и наклонного элемента крыла; h_r — расстояние от поверхности воды до горизонтального крыла

возможностях, которые могут обеспечить парусным судам подводные крылья.

Покажем эти возможности на примере расчета скорости хода парусного катамарана на подводных крыльях со следующими исходными данными и условиями плавания: водоизмещение $W = 2$ т; площадь парусов $A_s = 40$ м²; скорость ветра 6 баллов по шкале Бофорта ($v_T = 9,9...12,4$ м/с); курс галфвинд $\gamma = 90^\circ$, поверхность моря «гладкая», крен яхты под ветер $\theta = 2,5^\circ$ (при этом наветренные крылья выходят из воды, что упрощает показательный расчет); угол атаки парусов $\alpha_n = 11^\circ 30'$.

Угол δ_A определим в соответствии с данными Норвуда по прототипам — 12-метровой яхте и катамарану «Торнадо». На курсе галфвинд δ_A у этих парусников составляет 11 и $10,2^\circ$ при курсовых углах к вымпельному ветру β , равных 50 и 35° соответственно. У рассчитываемой яхты значение δ_A должно несколько возрасти при выходе из воды обоих корпусов (у «Торнадо» на полном ходу выходит из воды только 1,5 корпуса), но в то же время должно и уменьшиться из-за обдува корпусов под более острым углом β (порядка 16° вместо 35° у «Торнадо»). Ввиду отсутствия возможности определить δ_A по результатам продувки в аэродинамической трубе, примем его значение $\delta_A = 12^\circ 30'$, т. е. близкое к прототипам, с запасом в 25%.

По гидродинамическому углу δ_n авторами в первом приближении решены теоретические задачи по

созданию формул и зависимостей для его определения, а также разработана методика подбора размеров хорд C и углов установки α элементов крыльевых устройств, обеспечивающих необходимый угол δ_n . Однако этот материал выходит за рамки данной статьи. Отметим только, что рассчитанное по этим методикам и формулам значение δ_n для рассматриваемого примера составляет $3^\circ 10'$. Величину δ_n необходимо проверить при построении треугольников теоремы курсов. Эта проверка приводится ниже.

В качестве профиля элементов наклонного (H) и горизонтального (Γ) подводных крыльев (рис. 3) использован профиль сегментного типа NACA 4415 с заостренной носовой кромкой, изготовить который можно на основе приспособления, приведенного в книге Норвуда. Форма вертикального элемента B крыльев симметричная, заостренная с обеих сторон профиля, кормовая часть которого выполнена в виде управляемого закрылка и служит вертикальным рулем яхты при ходе на крыльях. Размеры элементов и расчет модулей M для элементов H и K крыльев представлены в таблице. За основу определения коэффициентов подъемной силы и силы сопротивления элементов крыльев для глубокой воды \bar{C}_L и \bar{C}_D в функции от угла установки α приняты данные по профилю NACA 4415, приведенные на рис. 4.

Ряд формул таблицы требует пояснения. Так, формула относительного удлинения A принята в виде $A = bn/c$, где n — коэффициент влияния шайб, т. е. плит на боковых кромках паруса и крыла, затрудняющих перетекание воздуха или воды.

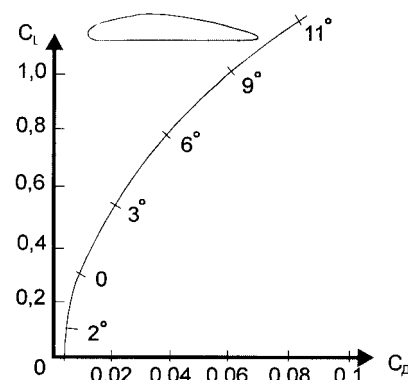


Рис. 4. Характеристики коэффициентов подъемной силы C_L и силы сопротивления C_D элементов крыла профиля NACA 4415

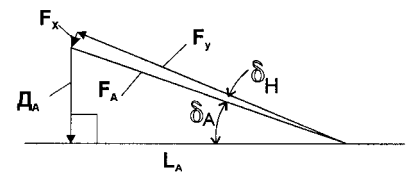


Рис. 5. Треугольники теоремы курсов:

D_A — лобовое сопротивление паруса; L_A — аэродинамическая подъемная сила паруса; F_x, F_y — силы тяги и дрейфа паруса; δ_n — угол аэродинамического сопротивления

В книге Норвуда отмечается их влияние: при одной шайбе длина элемента как бы удваивается, $n = 2$, при двух шайбах утраивается, $n = 3$, без шайб $n = 1$.

Затем величина \bar{C}_L пересчитана на удлинение элемента (\bar{C}_L по рис. 4 имеет удлинение $A = 6$) и на уменьшение перепада давления на поверхностях крыла при его приближении к поверхности воды:

$$M = \frac{(4h/c)^2 + 1}{(4h/c)^2 + 2}$$

Вычисление C_L произведено по формуле

$$C_L = \bar{C}_L \frac{\bar{A} + 2}{A} \cdot \frac{A}{A + 2} = \bar{C}_L \cdot 1,33 \cdot \frac{A}{A + 2} \cdot \frac{(4h/c)^2 + 1}{(4h/c)^2 + 2}$$

Повышение сопротивления элементов крыльев от приближения поверхности воды ΔC_D вычисляется для вертикальных B , горизонтальных Γ и наклонных H элементов по формуле Норвуда $C_D = C_{D0} + C_L \cdot [\Omega + (1 + \sigma)/\pi A]$. При этом поправка на волнообразование Ω в соответствии с зависимостями, приведенными Норвудом, равна 0.

Поправка σ учитывает увеличение C_D от потоков вихрей по боковым кромкам крыла (см. таблицу).

В итоге для крыла в целом получены следующие модули: $M_z = 0,0231$, $M_y = 0,0683$, $M_x = 0,0038$.

Полученные модули позволяют определить скорость яхты на подводных крыльях v_B (по формуле 7) и создаваемые крыльями силы: боковую $R_y = 0,5\rho_n M_y v_B^2$ и сопротивления $R_x = 0,5\rho_n M_x v_B^2$. Подставляя в эти формулы значения модулей M и сомножителей $W = 2000$ кг, $\rho_n = 102$ кг·с⁻²/м⁴, получим расчетную скорость хода $v_B = 41,3$ м/с = 80,3 уз, а также $R_x = 330$ кг, $R_y = 5930$ кг. Расчетную скорость ветра при указанных результатах можно определить по формуле $v_B/v_T = \sin\gamma$.

· ctgβ – cosγ для γ = 90° (где γ – курсовой угол к ветру). δ_А = 12°30' и δ_н = 3°10'. Величина v_T при этом составляет 22,5 уз. Максимальная скорость ветра v_{Tmax} при волнении 6 баллов – 12,4 м/с, т. е. полученная расчетным путем скорость хода 80 уз определена с запасом около 7%.

Проверку расчетов скоростей хода Норвуд предлагает выполнять путем сравнения сил R_X и R_Y с силами тяги и дрейфа паруса и F_X и F_Y. Последние определяются построением треугольников теоремы курсов. Для этого требуется определить подъемную силу паруса L_A по формулам: L_A = 0,5ρ_Av_A²A_S, где A_S – площадь паруса; v_A² = v_B² + v_T² + 2v_Bv_Tcosγ. Подставляя в эти формулы известные величины (ρ_A = 0,1316 кг·с²/м⁴; C_L = 1,2; γ = 90°, A_S = 40 м²), получим L_A = 5820 кг.

На рис. 5 изображены в соответствующем масштабе треугольники теоремы курсов, имеющие L_A = 5820 кг, δ_А = 12°30' и δ_н = 3°10'. Из этих треугольников нетрудно определить силу тяги паруса F_X = 330 кг и боковую силу (силу дрейфа) F_Y = 5960 кг. Сравнение сил паруса с силами подводных крыльев показывает, что расчет скоростей хода достаточно точен, поскольку сила сопротивления крыльев равна силе тяги паруса, а сила дрейфа паруса расходится с боковой силой крыльев всего лишь на 30 кг, т. е. на 0,5%.

Полученная расчетная скорость 80 уз (на гладкой воде, курсе галфвинд, ветре 6 баллов) является достоверной, поскольку: во-первых, ее проверочный расчет выполнен по методике и формулам Норвуда, которые за 20 лет с момента выхода книги не были опровергнуты или поставлены под сомнение; во-вторых, расчет выполнен с запасом по скорости хода 7%; в-третьих, расчет опубликован с достаточной подробностью, так что его арифметическая точность легко может быть проверена.

Остается вкратце охарактеризовать пути создания парусной яхты с такими возможностями.

Кроме проблемы квалифицированного проектирования крыльев Норвудом указаны еще три причины, тормозящие повышение скоростей хода многокорпусных парусников: недостаточная безопасность из-за возможного опрокидывания; кавитация подводных крыльев при скоростях хода свыше 40 уз;

Размеры элементов крыльев и расчетное определение модулей M их подъемных сил						
Параметр	Элемент крыла					
	B _н	Г _н	H _н	B _к	Г _к	H _к
b – длина, м	0,45	0,15	0,35	0,45	0,15	0,35
c – длина хорды, м	0,20	0,065	0,065	0,20	0,095	0,095
α – угол установки элемента, град	0	1,5	1,5	0	0	0
h – глубина погружения, м	–	0,100	0,120	–	0,100	0,120
A _F = bc – площадь	0,090	0,0098	0,0227	0,090	0,0142	0,0332
A = bn/c – удлинение	4,5	6,92	10,8	4,5	4,73	7,36
C _L (по α и рис. 4)	0,32	0,435	0,435	0,32	0,32	0,32
C _D (по α и рис. 4)	0,0099	0,016	0,016	0,0099	0,0099	0,0099
Π	0,922	0,900	1,100	0,922	0,885	1,005
σ = A/(A + 12h/c)	–	0,273	0,326	–	0,273	0,326
C _L = C _L /Π	0,295	0,391	0,479	0,295	0,283	0,322
C _D = C _D + C _L ² Π ₁	0,0100	0,0250	0,0250	0,0100	0,0169	0,0160
M _Z = A _F C _L cosψ	0	0,00383	0,00770	0	0,00402	0,00755
M _Y = A _F C _L sinψ	0,02650	0	0,00770	0,0265	0	0,00755
M _X = A _F C _D	0,00090	0,00025	0,00057	0,00090	0,00024	0,00053

Примечания: Π = 1,33A/(A + 2) [(4h/c)² + 1]/[4h/c]² + 2] – промежуточный параметр, учитывающий влияние поверхности воды и удлинение A; Π₁ = (1 + δ)/(πA) – параметр, учитывающий влияние поверхности воды при определении C_D.

вероятность разрушения яхт большой одиночной встречной волной. В частности, приведен пример с тримараном «Вилливо», который развился при оптимальных условиях (т. е. в бухтах) скорость хода свыше 20 уз и первым среди парусников на подводных крыльях пересек океан (из опасения опрокидывания шквальным ветром при переходе из Калифорнии на Гавайи скорость была снижена до 7 уз).

Естественно, от этих недостатков скоростная яхта должна быть избавлена. Ориентировочные расчеты авторов подтверждают такую возможность. Так, яхта водоизмещением 2 т может быть спроектирована неопрокидываемой шквальным ветром силой 6 баллов на ходу и без хода, на гладкой воде и на волне высотой 3,5 м; 10-тонная яхта может быть выполнена неопрокидываемой даже при ветре и волнении моря силой 12 баллов.

По проблеме кавитации отметим лишь, что боевые катера ВМФ СССР развивали скорость хода до 60 уз без кавитации.

Что касается встречной волны, то благополучный проход через нее подтвержден расчетом пока только для 10-тонной яхты при скорости хода 40 уз. Если расчет для большей скорости не подтвердит такой возможности, то это будет означать, что в темное время суток рассматриваемые яхты смогут плавать со ско-

ростью не более 40 уз, а в светлое время, ведя постоянное наблюдение за отсутствием встречной волны на горизонте, – 60 уз (без кавитации).

Проведенные исследования авторы считают весьма актуальными, поскольку, как описывает Норвуд, скоростные качества у парусников небольшого водоизмещения до сих пор находятся на уровне микронезийских проа XIV–XV века, которые с парусами из циновки и аутригерами из бревна развивали в заливах скорость хода 20 уз и переплывали океан со средней скоростью 12 уз (переход из Гуама в Манилу протяженностью 1700 миль за 6 дней). Современные многокорпусные парусники развивают в заливах скорости 20,7–21,2 уз («Икарус» и «Мэйфлай»), а переплывают океан со средней скоростью 7–13 уз (13 уз – средняя скорость тримарана «Поль Рикар», переплывшего Атлантический океан за 10 сут 5 ч).

В настоящее время отечественные высококвалифицированные специалисты по судам и кораблям, в том числе на подводных крыльях, оставшиеся без работы ветераны отрасли могли бы разработать эскизный проект парусника на подводных крыльях с указанными выше расчетными скоростями хода, неопрокидываемого шквальным ветром, а после его рассмотрения заказчиком – и технорабочий проект. Однако, найдется ли такой заказчик?

СОЗДАНИЕ АТОМНЫХ ПОДВОДНЫХ ЛОДОК
ПРОЕКТОВ 671, 671РТ И 671РТМ

Р. А. Шмаков (СПМБМ «Малахит»)

УДК 623.827(091)

5 ноября 1967 г. после подписания правительственной комиссией приемного акта головная атомная подводная лодка (АПЛ) пр. 671 (К-38) вошла в строй. В приемном акте о ней было сказано: «Это наиболее скоростная подводная лодка ВМФ СССР, она имеет высокие маневренные качества, большую глубину погружения, может использоваться в любых районах Мирового океана, в том числе подо льдами Северного Арктического бассейна, и является эффективным средством защиты нашего побережья». Затем была построена целая серия кораблей этого типа. Всего по проекту 671 и его модификациям пр. 671РТ и 671РТМ, разработанным СПМБМ «Малахит», было построено 48 атомных подводных лодок.

Разработке пр. 671 в СКБ-143 (с 1974 г. — СПМБМ «Малахит») предшествовало создание целого ряда проектов АПЛ: пр. 627 (первая атомная подводная лодка, получившая наименование «Ленинский комсомол»); пр. 645 (с жидкотеплоносителем в I контуре); пр. П627А (с крылатой ракетой большой дальности); пр. 639 (с тремя баллистическими ракетами). Не все из этих проектов были претворены в жизнь, но в работе над ними сложился коллектив единомышленников, была создана специфическая школа проектирования.

В 1958 г. СКБ-143 вместе с ЦКБ-18 и ЦКБ-112 участвовало в конкурсе, объявленном Госкомитетом по судостроению, по четырем новым проектам АПЛ — 667, 669, 670 и 671. По результатам конкурса СКБ-143 было присуждено I место, и оно выиграло его по всем направлениям. Все проекты получили высокую оценку и соответствующую денежную премию. В работах над проектами участвовала большая группа молодых специалистов. Особенно хотелось бы отметить А. Б. Петрова (пр. 670), Л. А. Самаркина (пр. 671), В. И. Туренко (пр. 669) и, конечно, 39-летнего Г. Н. Чернышева (пр. 667).

По всем этим проектам бюро выступило с единой позицией: одна линия вала; архитектура АПЛ подчинена подводному плаванию; условия надводной непотопляемости не должны нормироваться; число реакторов определяется требуемой мощностью; силовая сеть выполнена на трехфазном переменном токе.

В декабре 1958 г. вышло постановление правительства, утвердившее план проектирования и строительства АПЛ на 1959—1965 гг. (семилетний план). В нем были определены условия проектирования и строительства атомных подводных лодок различного назначения с учетом плана опытно-конструкторских работ (ОКР) в обеспечение повышения тактико-технических элементов (ТТЭ) кораблей, разработки вооружения новых видов, совершенствования корабельной архитектуры, обитаемости, скрытности корабля, включая создание малозумных

механизмов, оборудования и повышения их надежности.

Постановлением было предписано создание средней подводной лодки противолодочной обороны с торпедным вооружением и развитой гидроакустической системой (пр. 671). Проектирование этой лодки поручалось СКБ-143, а строительство — Адмиралтейскому заводу в Ленинграде. Были установлены сжатые сроки проектирования: тактико-техническое задание (ТТЗ) — IV квартал 1959 г.; эскизный проект — I квартал 1960 г.; технический проект — IV квартал 1960 г.

В основу АПЛ пр. 671 легла конкурсная проработка 1958 г., выполненная группой конструкторов, возглавляемой Л. А. Самаркиным — выпускником ЛКИ 1955 г. Естественно, что доверить проектирование подводной лодки молодому специалисту Л. А. Самаркину Госкомитет не решился, и по рекомендации руководства бюро главным конструктором АПЛ пр. 671 был назначен Г. Н. Чернышев — выпускник Николаевского кораблестроительного института 1943 г., ранее работавший над созданием АПЛ пр. 617 с единым двигателем и над АПЛ пр. 627 и 639. Л. А. Самаркин стал его первым заместителем, в группе работали А. И. Колосов, В. Д. Левашов, А. В. Королев и др. Главным наблюдающим назначили инженер-капитана II ранга В. И. Новикова. В этом проекте нашли воплощение новые идеи молодых специалистов, не отягощенных грузом прошлого.

АПЛ пр. 671 должна была решать боевые задачи на всех театрах военных действий и в первую очередь в Северном Ледовитом океане.

При проектировании разработчики столкнулись с серьезными трудностями, связанными с ограничением по водоизмещению, поскольку АПЛ надо было строить на Адмиралтейском заводе, а затем переводить на Север в транспортном доке по узкому Беломорско-Балтийскому каналу.

Было проработано около 20 вариантов корабля, в которых менялись состав оборудования и его компоновка, тип атомных энергетических установок (АЭУ), количество гребных винтов, род тока и особенно условия надводной непотопляемости (в ТТЗ сразу было оговорено два варианта выбора запаса плавучести — с минимальным 16% и с обеспечивающим надводную непотопляемость). В ходе этих проработок были сформулированы основные принципы проектирования АПЛ: обновляемая АЭУ, обеспечивающая высокий КПД гребного винта и его минимальную шумность; форма корпуса в виде тела вращения с главными размерениями, близкими к оптимальным по условиям подводного плавания; увеличенный диаметр прочного корпуса и размещение в одном отсеке паротурбинной установки

(ПТУ) с автономными турбогенераторами (АТГ); совмещение двух традиционных отсеков (торпедного и жилого) в одном с размещением в нем торпедного и гидроакустического вооружения.

На начальной стадии проектирования ключевым моментом являлся выбор мощности атомной паропроизводящей установки (АППУ), которая должна была обеспечить превосходство в скорости над АПЛ вероятного противника. Требовалось получить скорость не ниже 30 уз, хотя сразу было понятно, что сохранить водоизмещение 3000 т (как у АПЛ пр. 627) при этом не удастся.

Главный конструктор и специалисты бюро остановились на двухреакторной установке АППУ типа ВМ-4 в комплектации: один реактор с четырьмя парогенераторами (главный конструктор реактора И. И. Африкантов, ОКБМ). Большой диаметр прочного корпуса позволил удачно разместить два реактора с попережным расположением.

Проектантом главного турбозубчатого агрегата (ГТЗА) было определено СКБ Кировского завода (главный конструктор М. А. Казак), проектантом АТГ — СКБ Калужского турбинного завода (главный конструктор В. И. Кирихин). За основу приняли компоновку, выполненную в конкурсном проекте 1958 г. Это проработка показала в дальнейшем свою долговечность (в том числе и при переходе на блочную агрегатированную установку).

Управление АЭУ осуществлялось двумя операторами с центрального пульта установки, расположенного в специальной выгородке турбинного отсека. Очень удачной оказалась компоновка двух АТГ переменного тока со сбросом пара в секции главного конденсатора.

Работы по созданию АЭУ для АПЛ пр. 671 с системами управления в бюро возглавил П. Д. Дегтярев, главный конструктор по энергетике. Много внимания было уделено выбору резервных средств движения. Предпочтение отдали установкам с двумя вспомогательными двухлопастными гребными винтами и валопроводами, проходящими через горизонтальные стабилизаторы. Прорабатывались варианты использования в качестве вспомогательных средств крыльчатых и водометных движителей. Однако сложность конструкции, большая шумность и более низкий КПД не позволили в то время применить эту идею на практике. Форма кормовой оконечности, в том виде как она в дальнейшем была реализована, — это большая заслуга коллектива конструкторов-корпусников и механиков. Особенно необходимо подчеркнуть вклад начальника сектора динамики Л. В. Калачевой.

На АПЛ пр. 671 впервые был принят в качестве основного трехфазный



Г. Н. Чернышев — главный конструктор АПЛ пр. 671, 671РТ и 671РТМ

переменный ток напряжением 380 В, частотой 50 Гц, имеющий ряд преимуществ перед постоянным током. Основными источниками электроэнергии в электроэнергетической системе (ЭЭС) являлись два генератора напряжением 400 В типа ТМВ-2-2 мощностью по 2000 кВт, дизель-генератор МСК 103-4 мощностью 200 кВт и две группы аккумуляторных батарей типа 426-11. Преобразование переменного тока в постоянный осуществлялось двумя обратимыми преобразователями типа ПР-501 (завода «Электросила») мощностью по 500 кВт каждый. Работа источников электроэнергии и ГЭД контролировалась централизованно с пульта ЭЭС при помощи системы управления «Байкал».

Активное участие на всех этапах проектирования и приемки агрегатов на АПЛ принимали специалисты бюро под руководством главного конструктора по электрооборудованию В. П. Горячева.

В эскизном проекте предусматривалась максимальная автоматизация процессов управления техническими средствами и вооружением подводной лодки, в том числе: централизованная система управления, регулирования и защиты АЭУ, АППУ; комплексная система управления пространственным маневрированием подводной лодки («Шпат»), которая обеспечивала автоматическую стабилизацию курса корабля, глубины погружения АПЛ на ходу и без хода, возможность дистанционного управления курсом и глубиной погружения; система автоматического управления средствами борьбы с аварийными дифферентами и провалами по глубине («Турмалин»); система централизованного автоматизированного управления общекорабельными системами (ОКС) и отдельными механизмами.

Впервые была создана не имеющая аналогов система централизованного управления большим числом механизмов, устройств, арматуры (около 220) и источников информации (более 500), расположенных по всему кораблю.

Конструкторы бюро разработали алгоритмы управления, определили номенклатуру источников информации и дистанционно-управляемого оборудования, предложили компоновку панелей пультов управления, выработали предложения по использованию элементной базы, рассмотрели отдельные схемные узлы на полупроводниковых приборах и магнитных усилителях.

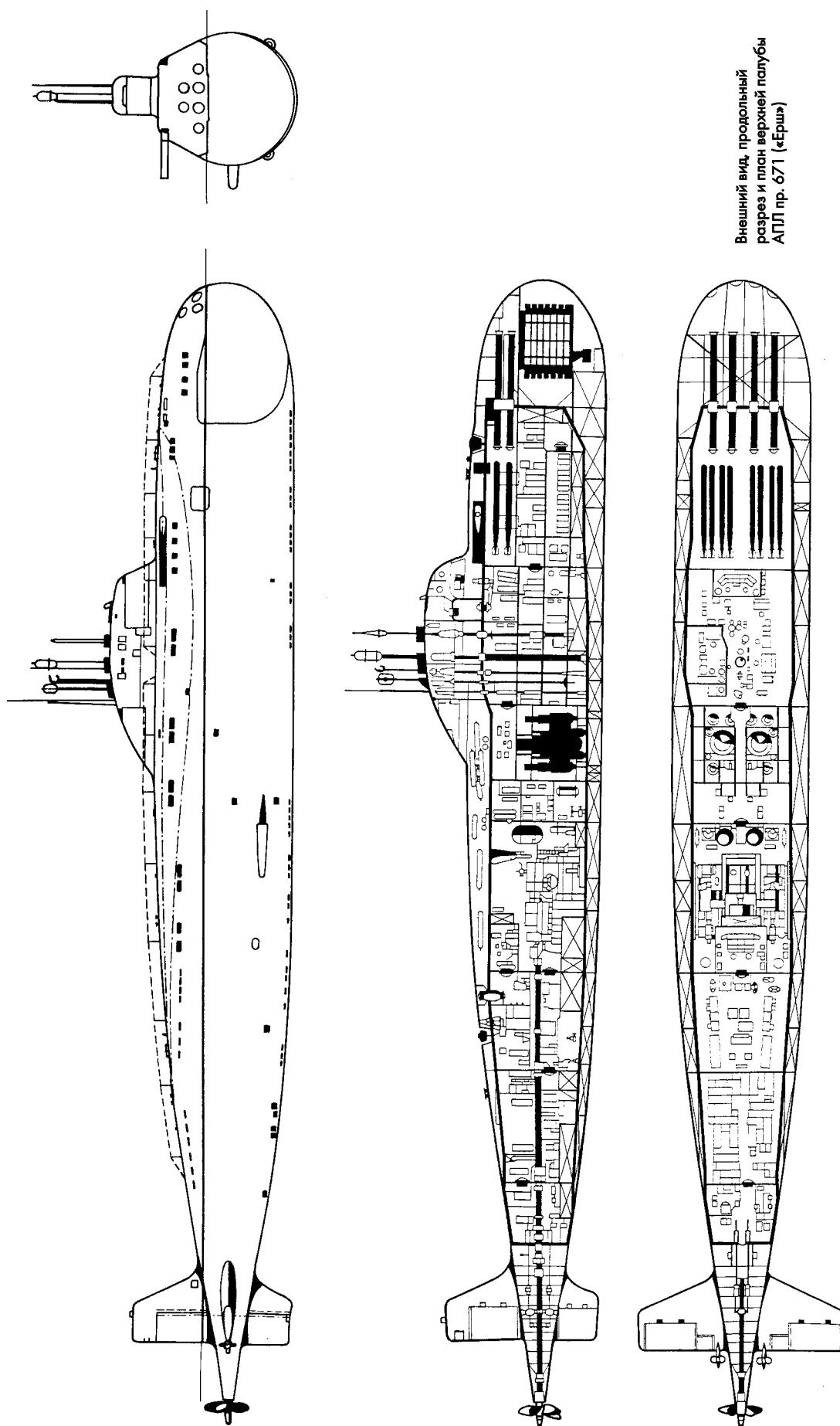
На начальной стадии разработка системы управления ОКС велась на конкурсной основе совместно с ЦНИИ-45 (начальник отдела В. Г. Павлов) и ОКБ-781 (главный инженер Ю. С. Путято, начальник отдела Л. М. Фишман). В АПЛ пр. 671 был реализован вариант системы управления ОКС (шифр «Вольфрам»), разработанный ОКБ-781.

Наиболее сложной задачей было размещение в носовой оконечности корабля мощного гидроакустического комплекса в сочетании с носовыми торпедными аппаратами (ТА).

По ТТЗ предусматривалось размещение на АПЛ гидроакустического комплекса (ГАК) «Керчь» разработки НИИ-3 (ныне ЦНИИ «Морфизприбор»). Однако главный конструктор принял решение об установке на АПЛ нового ГАК «Рубин» (главные конструкторы Н. Н. Свиридов, потом Е. И. Аладышкин), созданный для АПЛ пр. 661, который по тактико-техническим данным превосходил «Керчь». Необходимо было разместить в носовой оконечности ГАК массой 20 т и объемом в 68–70 м³. Это была трудная задача. Из нескольких вариантов в результате был выбран оптимальный.

Трудности встретились и при размещении в носовой оконечности ТА. Было предложено несколько вариантов с бортовым размещением ТА (под углом к прочному корпусу), но это приводило к снижению скорости АПЛ при использовании оружия. В итоге был принят классический вариант размещения ТА в носовой оконечности с врезкой в переборку специального люка для погрузки торпед. Такая схема в отечественном подводном кораблестроении использовалась впервые. В дальнейшем ее повторили на АПЛ пр. 671РТ, 671РТМ и 971, и до сих пор она остается наиболее рациональной.

Одной из сложных была задача создания новой системы стрельбы торпедами. Увеличение глубины стрельбы в 2,5 раза потребовало от проектантов стендовой и натурной отработки. С этой задачей успешно справились специали-



Внешний вид, продольный
разрез и план верхней палубы
АПЛ пр. 671 («Ерш»)

сты Конструкторского бюро по проектированию аппаратов (КБА) в ЦКБ-18 под руководством главного конструктора И. М. Иоффе (а затем Л. А. Подвязникова).

Впервые на отечественной АПЛ установили специальную систему управления подготовкой к выстрелу «Кипарис» (ведущий конструктор ЦКБ-18 А. З. Матвеев). Специалисты ЦКБ «Полюс» (главный конструктор А. И. Буртов), спроектировали и установили новую систему управления стрельбой ПУТС «Ладога».

Позднее на АПЛ пр. 671 был внедрен ракетный комплекс «Вьюга» с аппаратурой предстартовой подготовки АПП-1 и системой ввода данных «Нева» (главный конструктор ракетного комплекса Л. В. Люльев, ОКБ-8; главный конструктор системы «Нева» Э. В. Кубланов, ЦКБ «Полюс»).

Внедрение на АПЛ системы воздуха высокого давления (ВВД) с компрессорами ЭК-30А позволило увеличить живучесть корабля.

В проекте вновь вернулись к установке кингстонов в цистерне главного балласта (ЦГБ). Насколько это было правильное решение, показало время. (А ведь это было в 60-х годах, и еще не было трагедий с АПЛ К-8 (пр. 627А) и К-278 («Комсомолец», пр. 685), одной из причин которых было отсутствие кингстонов в ЦГБ). Систему кингстонов разрабатывали заново и по другой схеме. В проекте значительно сократили объем ручных операций за счет дистанционного централизованного управления основными механизмами и арматурой. Потребовалось освоение новых водоотливных и осушительных насосов. Впервые были применены трубопроводы из титановых сплавов. По сравнению с АПЛ первого поколения существенно изменилась система гидравлики. С целью улучшения очистки воздуха на АПЛ была установлена целая гамма новых фильтров.

Большое внимание уделялось обеспечению радиационной безопасности. По инициативе конструкторов бюро на АПЛ впервые была внедрена система электрохимической регенерации воздуха (ЭХРВ), за что ее разработчики были удостоены Ленинской премии. Впоследствии ее применяли на АПЛ других бюро (пр. 670, пр. 667 и др.).

Глубина погружения АПЛ определялась по ТТЗ в 400 м (на АПЛ пр. 627 — 300 м). Для корпуса была выбрана сталь марки АК-29, разработанная ЦНИИ-48, ныне ЦНИИ КМ «Прометей» (директор — академик И. В. Горынин). Ее отработка началась еще для АПЛ пр. 639 с изготовления опытного отсека 4ДМ. Параллельно исследовалась возможность изготовления корпуса из высокопрочных титановых сплавов (пр. 661), однако, учитывая отсутствие в то время опы-



Погружение АПЛ пр. 671

та их внедрения, предпочтение отдали стали АК-29.

Прочный корпус состоял из цилиндрических участков и усеченных конусов кругового сечения. Шпангоуты, кроме кормовой оконечности, располагались снаружи. Обшивка легкого корпуса имела продольную систему набора. Плоские переборки прочного корпуса рассчитывались на давление 10 кгс/см².

Ограждение рубки и надстройка были выполнены из сплава АМг-61. Печальный опыт использования алюминиевого сплава на АПЛ пр. 629 в данном случае не подтвердился. Материал выдержал испытание временем благодаря эффективной протекторной защите и окраске. Большая заслуга в создании корпусных конструкций принадлежит главному инженеру Б. К. Разлетову и главным конструкторам по корпусу В. Г. Тихомирову и В. В. Крылову.

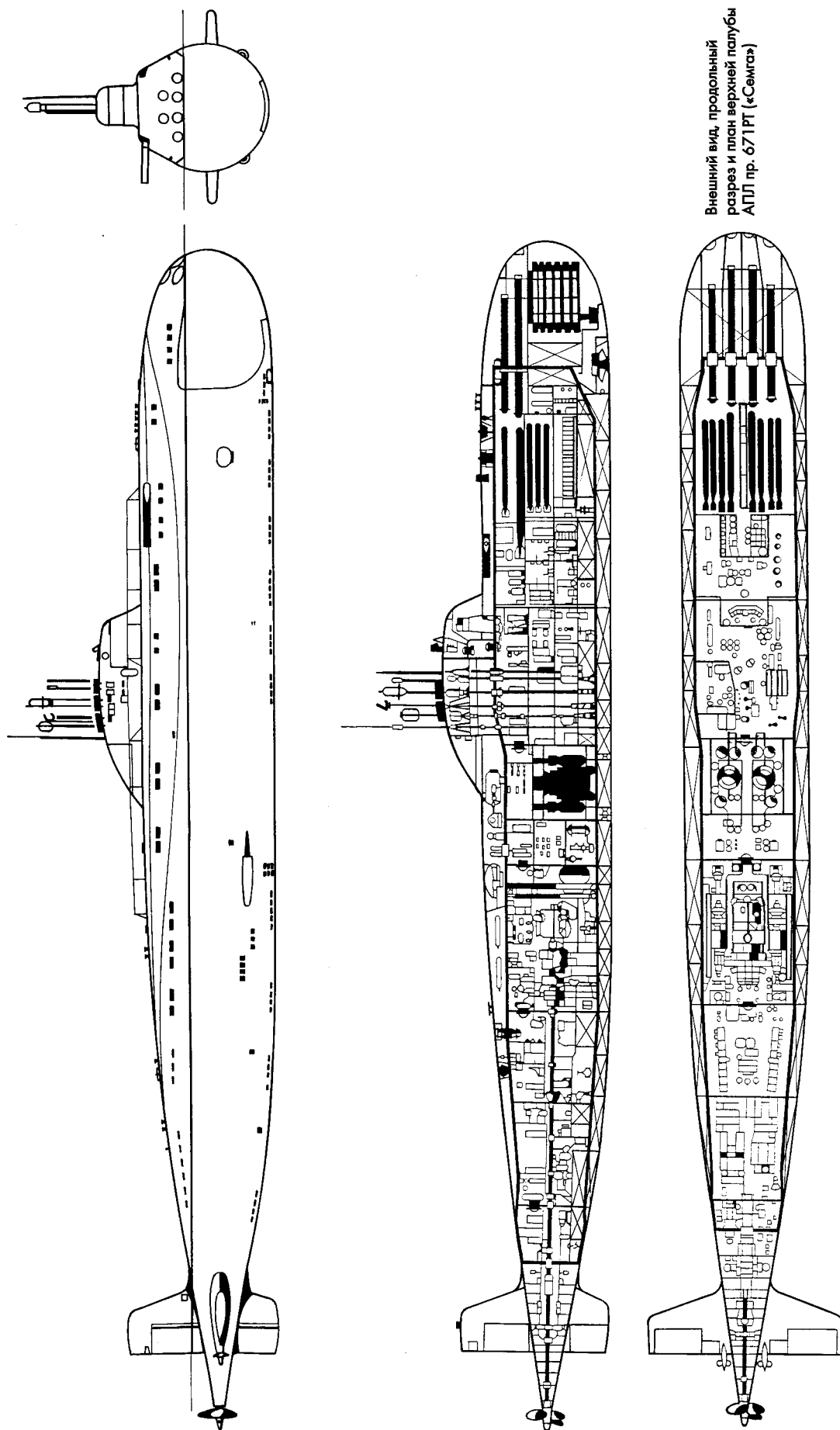
Эскизный проект АПЛ был завершен, как и предусматривалось постановлением правительства, в I квартале 1960 г. При шести носовых ТА калибра 533 мм, общем количестве торпед 18 ед., глубине погружения 400 м, мощности ГТЗА 31 000 л. с., двух АТГ мощностью по 2000 кВт, двух ГЭД мощностью по 350 л. с. водоизмещение АПЛ составило 3300 м³. В заключении Госкомитета по судостроению (ГКС) отмечалась глубина проработки проекта, выполненного на высоком техническом уровне.

Совместным решением Военно-Морского Флота (ВМФ) и ГКС от 29 июля 1960 г. эскизный проект противолодочной АПЛ пр. 671 был утвержден. На лодку устанавливались: ГАК «Рубин»; пост управления торпедной стрельбой (ПУТС) «Ладога-2»; навигационный комплекс «Сигма»; система управления АПЛ по курсу и глубине «Шпат-671»; система управления одержанием АПЛ в аварийном режиме «Турмалин-671»; сис-

тема централизованного управления ОКС, включая управление системой погружения и всплытия, ВВД, водоотлива, вентиляции, кондиционирования, гидравлики и другими, «Вольфрам-671»; система управления устройством быстрого заряжения торпед и подготовкой ТА «Кипарис»; система ЭХРВ и др.

Архитектура АПЛ и принципы ее компоновки, принятые в эскизном проекте, сохранились и на стадии технического проекта. На этом этапе большое внимание было уделено уменьшению подводного шума корабля и помех работе собственного ГАК, так как от этих характеристик во многом зависит успешность действий противолодочной АПЛ. К сожалению, проработка «плавающих корпусов» в районе наиболее шумящих механизмов оказалась неприемлемой из-за увеличения водоизмещения. В техническом проекте оно составило 3570 м³. Технический проект был закончен в декабре 1960 г., утвержден решением ВМФ и ГКС 4 марта 1961 г. и одобрен постановлением правительства. В сентябре утвердили и основные ТТЭ подводной лодки этого проекта.

В июле 1961 г. по рабочим чертежам бюро на Адмиралтейском заводе были изготовлены деревянные натурные макеты всех семи отсеков АПЛ. Отсеки использовались для уточнения условий расположения оборудования, прокладки трасс трубопроводов и электрокабеля при выпуске рабочих чертежей. (Необходимо отметить, что из 480 технических условий на поставку оборудования 60 не были утверждены к этому периоду, в том числе такие механизмы, как ГТЗА, АТГ, холодильные машины, преобразователи и др.). Большую роль в создании макетов, а в дальнейшем и расположении оборудования в отсеках АПЛ, сыграли хозяева помещений Н. В. Данилин, А. А. Богда-



Внешний вид, продольный
разрез и план верхней палубы
АПЛ пр. 671РТ («Семга»)

нова, К. П. Лагошный, А. Ф. Дмитриев, В. П. Пашкевич, А. Т. Алексеев, Т. Н. Кузнецов.

В начале строительства подводной лодки группа конструкторов бюро на заводе насчитывала 15–20 чел. (начальник группы оперативно-технической помощи А. И. Рыжов), к концу монтажных работ и началу швартовных испытаний в 1965–1966 г. на заводе ежедневно находилось от 80 до 100 наиболее квалифицированных конструкторов.

Наряду с Г. Н. Чернышевым, его заместителями Л. А. Самаркиным и А. И. Колосовым, руководителем группы технической помощи А. И. Рыжовым, главным инженером Б. К. Разлетовым, большой вклад в строительство первой АПЛ пр. 671 (зав. № 600) внесли П. Д. Дегтярев, А. Н. Губанов, М. В. Сидоренко, А. К. Крыжановский, С. В. Болдаков, В. А. Шавкунов, Д. К. Врачев, В. П. Пашкевич, И. С. Сорокин, К. А. Никитина, А. П. Алексеев, Ю. И. Фарфонов, А. А. Тюриков и многие другие.

В июле 1966 г. начались швартовные испытания. Они продолжались длительное время из-за ряда аварийных ситуаций, в том числе опрессовки парогенераторов и заброса сорбентов фильтров в конденсатно-питательную систему. Только в июле 1967 г. АПЛ после завершения швартовных испытаний в специальном транспортном доке была переведена на сдаточную базу в Северодвинск. В последних числах августа она вышла на заводские испытания, продолжавшиеся 16 сут. Государственные испытания длились 25 ходовых суток.

Основные тактико-технические характеристики АПЛ пр. 671 («Ерш»)

Водоизмещение, м ³	3500
Основные размерения (наибольшие), м:	
длина	93
ширина	10,6
ширина по стабилизаторам	16,5
осадка	7,2
Запас плавучести от нормального водоизмещения, %	34
Поперечная метacentрическая высота, м:	
в надводном положении	0,30
в подводном положении	0,25
Скорость (полный ход), уз:	
надводная под ГТЗА	10
подводная под ГТЗА	30–31
подводная под ГЭД	не менее 5
Автономность, сут	50
Экипаж, чел.	68
Торпедное вооружение калибра 533 мм, шт.:	
ТА	6
торпеды	18

На основании совместного решения ВМФ и Министерства судостроительной промышленности (МСП) глубоководные испытания проводились на вто-



АПЛ пр. 671РТ в надводном положении

рой серийной АПЛ (зав. № 602). От бюро в испытаниях участвовали Г. Н. Чернышев и В. Г. Тихомиров. Перед испытаниями на АПЛ были установлены спасательные камеры и буй-вьюшка со шлангами для подачи ВВД в подводную лодку. (В установке контейнера и буй-вьюшки участвовал Е. К. Кондратенко). Глубоководные испытания показали, что прочный корпус и все системы надежно обеспечивают плавание АПЛ на предельной глубине 400 м.

Необходимо отметить огромную роль в создании АПЛ пр. 671 директоров Адмиралтейского завода Б. Е. Клопотова, позднее В. Н. Дубровского, главных инженеров Н. И. Пирогова, позднее И. С. Белоусова и Н. М. Лужина, главных строителей К. Ф. Терлецкого — старейшего кораблестроителя отечественных подводных лодок, И. Л. Каменецкого, О. С. Покровского, старших строителей по отдельным специализациям и ответственных сдатчиков И. В. Котенева, М. И. Островского, Б. А. Немченка, Г. М. Баранова, А. М. Шарапо, И. В. Ускова, Ю. Ф. Соколова. Работы велись под неусыпным вниманием представителей военной приемки под руководством капитана I ранга Г. Л. Небесова. Большая роль в создании подводной лодки принадлежит главному конструктору завода А. А. Гайсенку, его заместителю М. К. Глозману, конструкторам Ю. А. Шалаеву, З. М. Бобровской, В. И. Шишигину, технологу В. И. Водянову и многим другим. Весомый вклад в строительство АПЛ принадлежит электромонтажному предприятию «ЭРА» (начальник М. С. Сизов, начальник участка С. Л. Глайхенгауз).

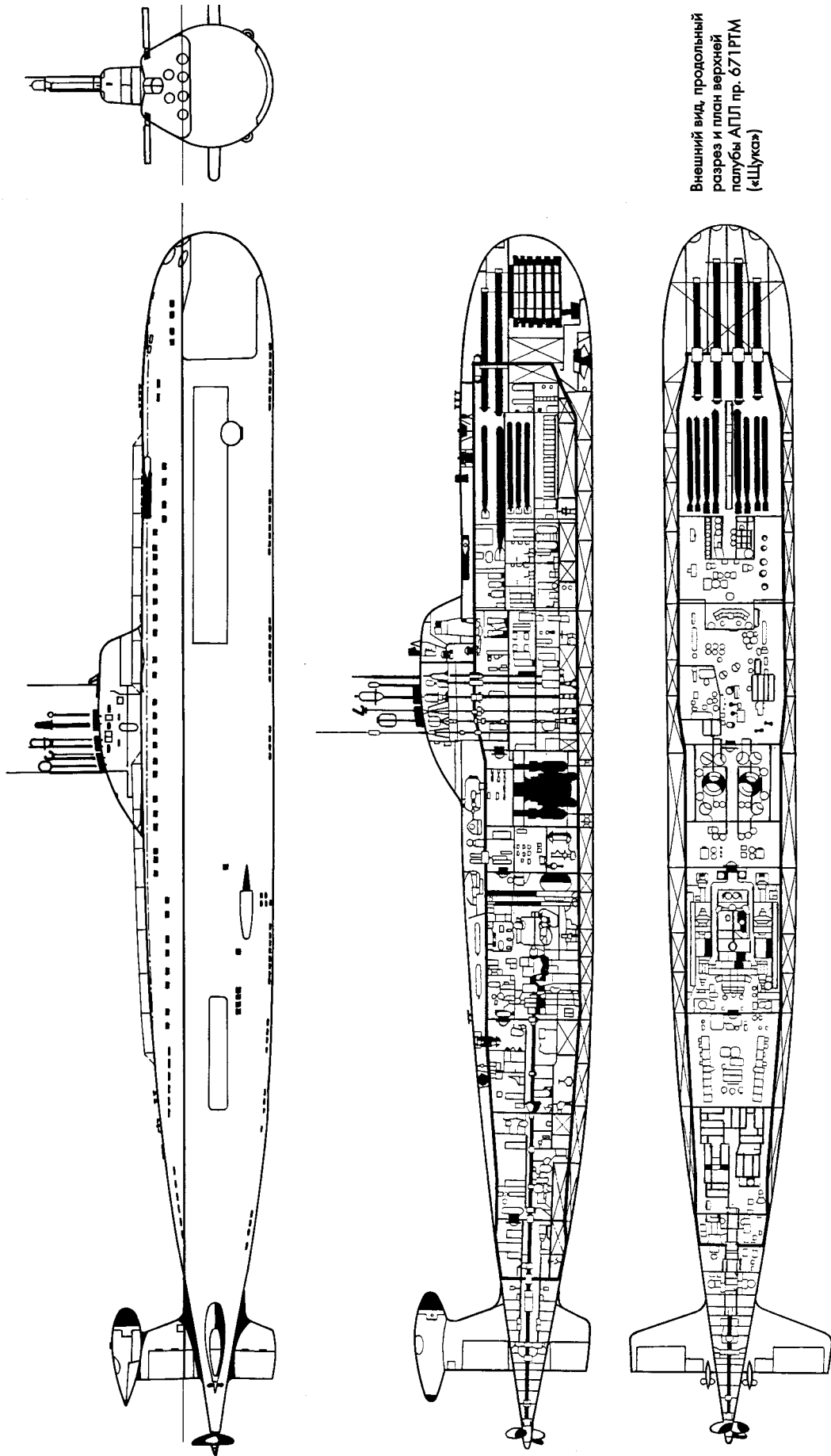
В 1968 г. были сданы еще две серийные АПЛ, а в 1974 г. построена последняя пятнадцатая АПЛ пр. 671 (зав. № 615).

В период серийной постройки продолжались работы по совершенствованию ТЭ, повышению надежности оборудования, устранению недостатков, выявленных в процессе постройки и эксплуатации.

За это время было принято около 110 решений, позволивших заменить устаревшее оборудование. Особенно интенсивно шла работа по снижению шумности кораблей. На последних АПЛ шумность снизилась в 1,5–3 раза, а уровни помех гидроакустического комплекса — в 1,5 раза по сравнению с первым кораблем. (Справедливости ради надо признать, что и сниженные уровни шумности и помех оказались недостаточными в связи с быстрым развитием средств поиска и обнаружения АПЛ). Значительно усиливалось вооружение. На корабли устанавливались новые противолодочные комплексы с ракетоторпедами «Вьюга» и телеуправляемой торпедой «Дельфин». На АПЛ зав. № 605 впервые был установлен новый ракетный комплекс.

За создание серии АПЛ Указом Президиума Верховного Совета СССР главному конструктору Г. Н. Чернышеву было присвоено звание Героя Социалистического Труда; заместитель главного конструктора Л. А. Самаркин, начальники отделов бюро А. Н. Губанов и М. В. Сидоренко, главный наблюдающий от ВМФ инженер-капитан I ранга В. И. Новиков, директор завода ЛАО В. Н. Дубровский и директор ЦНИИ «Аврора» В. Н. Шаменков были удостоены звания лауреатов Ленинской премии. Большая группа создателей корабля (в том числе 40 сотрудников СКБ-143) были награждены орденами и медалями. За большие заслуги в освоении новой сложнейшей техники командир АПЛ К-38 пр. 671 Е. Д. Чернов впоследствии был удостоен звания Героя Советского Союза.

С целью совершенствования АПЛ пр. 671, усиления ее боевой эффективности бюро в инициативном порядке выполнило в 1962 г. проработку лодки с двумя и четырьмя ТА калибра 650 мм. По ее результатам было признано целесообразным разработать технический проект АПЛ пр. 671 с четырьмя ТА калибра 533 мм и двумя калибра 650 мм, присвоив ему шифр



Внешний вид, продольный разрез и план верхней палубы АПЛ пр. 671РТМ («Щука»)

671РТ (РТ — ракетоторпеды). ТА калибра 650 мм предполагалось использовать под создаваемые в то время торпеды и ракетоторпеды с увеличенной дальностью стрельбы.

Кроме того, после аварии на одной из АПЛ, предполагалось установить на АПЛ пр. 671РТ дизель-генератор увеличенной мощности. Продолжались работы по снижению шумности отечественных подводных лодок, которые в то время существенно уступали в этом отношении АПЛ стран НАТО, особенно США. Эти проработки в группе главного конструктора (ГК) возглавил заместитель главного конструктора В. Д. Левашов. В дальнейшем в ГК появился еще один заместитель главного конструктора — А. В. Кутейников.

Работа велась под непосредственным руководством Г. Н. Чернышева. От ВМФ главным наблюдающим был назначен В. А. Отсон, а наблюдение за рабочим проектированием от Министерства обороны (МО) возглавлял капитан I ранга В. Н. Воронов, а с 1971 г. капитан II ранга А. Г. Варышев.

Технический проект был завершен в 1964 г. Водоизмещение корабля возросло на 350 м³, длина — на 4,8 м, максимальная подводная скорость уменьшилась на один узел. Все остальные характеристики АПЛ, включая и скрытность, остались почти без изменений. Правда, в связи с увеличением размеров отсека из-за большой длины торпед и ракетоторпед калибра 650 мм в целях обеспечения надводной непотопляемости пришлось установить герметичную горизонтальную платформу, разбив первый отсек на два.

Поскольку основным источником шума является ГТЗА, по предложению конструктора Н. П. Быкова ГТЗА и АТГ установили на раму блока ПТУ, который, в свою очередь, раскрепили на промежуточной раме. Получилась так называемая двухкаскадная амортизация, которая значительно уменьшила шумность корабля. Турбинный отсек в дальнейшем пришлось увеличить на одну шпацию из-за тесноты в связи с введенным новшеством.

В августе 1965 г. вышло совместное решение по корректировке технического проекта, который был завершен в апреле 1966 г.

В связи со сложностями транспортировки корабля по Беломорско-Балтийскому каналу потребовалась переработка всего спускового устройства транспортного дока. В 1966 г. бюро совместно с заводом выполнило большое количество проработок, направленных на снижение транспортной и спусковой массы АПЛ.

Внедрение нового оружия и других мероприятий, связанных со сниже-



АПЛ пр. 671РТМ на ходу в надводном положении

нием шумности корабля, привело к увеличению водоизмещения на 750 м³ по сравнению с АПЛ пр. 671. Увеличение объема прочного корпуса было достигнуто за счет увеличения его диаметра в районе центрального поста и I отсека, а также удлинения АПЛ на 8,8 м, позволившего разместить дополнительный боезапас. На этой АПЛ впервые установили выпускное буксируемое антенное устройство «Параван», что дало возможность принимать радиопередачи в СДВ-диапазоне в подводном положении. ГАК «Рубин» заменили более совершенным ГАК «Рубикон». В связи с изменением количества отсеков пришлось перекомпоновать оборудование в I, II, IV и V отсеках. Личный состав АПЛ увеличился до 98 чел.

Основные ТТЭ были утверждены постановлением правительства в апреле 1968 г. Строительство предусматривалось на двух заводах — Адмиралтейском и «Красное Сормово». В конце 1967 г. бюро приступило к разработке рабочих чертежей.

Для обеспечения строительства трех АПЛ (зав. № 621, 625 и 627) с Адмиралтейским заводом была согласована новая разбивка корпуса на секции и блоки и соответственно переделаны рабочие чертежи. Группу техпомощи от бюро возглавил Б. В. Пейбо, а проект координировали заместители главного конструктора Л. И. Кузнецов и В. А. Шавкунов. Головную АПЛ пр. 671РТ заложили 28 сентября 1974 г. и уже 26 августа 1975 г. спустили на воду. К началу ноября 1975 г. подводная лодка была доставлена на сдаточную базу Северодвинска, где прошла заводские ходовые и государственные испытания. 31 декабря 1975 г. председатель Государственной комиссии Н. С. Борисеев и его заместитель — командир подводной лодки К-495 капитан II ранга А. В. Горбунов — подписали

акт о приемке головной (для Адмиралтейского завода) АПЛ пр. 671РТ — и лодка вошла в состав ВМФ. Ответственным сдатчиком корабля был бывший сотрудник бюро Б. А. Башарин. Серийные подводные лодки пр. 671РТ (зав. № 625 и 627) вошли в состав ВМФ в 1976 г. и 1978 г. соответственно.

Головная АПЛ К-387, построенная на заводе «Красное Сормово» (директор М. А. Юрьев, главный инженер Б. В. Забегалов), вошла в строй раньше — приемный акт был подписан 30 декабря 1972 г. (командир корабля капитан I ранга Ю. А. Печенкин).

Основные тактико-технические характеристики АПЛ пр. 671РТ

Водоизмещение, м ³ :	
нормальное надводное	4245
полное подводное	5670
Основные размерения, м:	
длина	102
ширина	10,6
осадка	6,5
ширина по стабилизаторам	16,5
Глубина погружения, м	400
Состав ЭУ (количество и мощность):	
ГТЗА, л. с.	1 x 31 000
вспомогательные ГЭД, л. с.	2 x 375
АТГ, кВт	2 x 2000
дизель-генератор, кВт	1 x 460
Скорость (полный ход), уз:	
надводная	10
подводная	около 30
Экипаж, чел.	98
Автономность, сут	60
Количество ТА, шт.:	
калибра 650 мм	2
калибра 533 мм	4
Количество торпед и ракетоторпед в различных комбинациях, шт.	24

Основным преимуществом подводных лодок пр. 671РТ перед АПЛ пр. 671, кроме дополнительного торпедного и ракетоторпедного оружия калибра 533 и 650 мм, следует признать уменьшение шумности АПЛ практически во всем диапазоне частот.

За создание малошумной многоцелевой АПЛ пр. 671РТ большая группа сотрудников бюро, Адмиралтейского завода (с 1972 г. ЛАО) и контрагентов была награждена орденами и медалями, Государственной премии удостоены главный конструктор Г. Н. Чернышев, его заместитель В. Д. Левашов и главный конструктор по вооружению Л. А. Подвязников.

Бурное развитие науки, техники и промышленности создали предпосылки для более радикального совершенствования многоцелевых подводных лодок. Резко ужесточились требования к шумности АПЛ, появились более совершенные виды оружия (противолодочные ракетоторпеды, мины, а позже стратегические ракеты, стартующие из ТА). Быстро менялась элементная база и сами электронные комплексы вооружения (штурманское, гидроакустическое) и боевая информационно-управляющая система, радиосвязь. В связи с этим бюро во главе с его начальником — главным конструктором Г. Н. Чернышевым была создана еще одна модификация АПЛ с новейшим радиоэлектронным вооружением, получившая индекс 671РТМ.

Титановый обтекатель заменили неметаллическим. Эта работа проводилась с участием ЦНИИ «Океанприбор» (Е. Л. Шендеров), ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова (Б. П. Григорьев, М. К. Лерри и Н. А. Писковитина), ЦНИИТС (Н. Г. Сударева). В ЦНИИ «Океанприбор» (директор и главный конструктор В. В. Громковский, главный инженер Д. Д. Миронов) был создан акустический комплекс «СКАТ-КС». После тщательных проработок бюро было принято решение установить на подводную лодку БИУС «Омнибус», созданную НПО «Агат» (директор А. А. Мошков, главный инженер Я. А. Хетагуров, главный конструктор А. И. Троян). Устаревший навигационный комплекс «Сигма» заменили новейшим комплексом «Медведица» (НПО «Азимут», директор и главный конструктор В. Г. Пешехонов).

В июле 1974 г. совместным решением МСП и ВМФ технический проект был утвержден. Сразу было оговорено, что сдача головной АПЛ пр. 671РТМ (зав. № 636) будет производиться без комплексов «СКАТ-КС», БИУС «Омнибус-РТМ» и «Медведица-РТМ». Это решение оказалось совершенно правильным, так как впоследствии эти комплексы дорабатывались в течение трех лет после сдачи головного корабля.

Большой вклад в установку комплексов «СКАТ-КС», «Омнибус» и «Медведица», комплексов радиосвязи «Молния-Л» и «Цунами-БМ» внесли сотрудники бюро под руководством главных конструкторов по электрооборудова-

нию В. П. Горячева и впоследствии С. П. Каткова.

Размещение на АПЛ пр. 671РТМ перспективных радиоэлектронных средств значительно улучшило характеристики многоцелевых АПЛ II поколения и по технической оснащенности приблизило их к АПЛ III поколения. Оработка уникальных комплексов «Омнибус», «Скат» и «Медведица» обеспечила впоследствии установку их на подводные лодки III поколения (АПЛ пр. 945, 949 и 941).

Автономность АПЛ увеличилась до 80 сут, а водоизмещение (по сравнению с АПЛ пр. 671РТ) — на 400 м³ и составило 4750 м³, наибольшая длина достигла 107,1 м.

К разработке рабочих чертежей (а они создавались параллельно для двух заводов — ЛАО и завода им. Ленинского комсомола) бюро приступило до окончания технического проекта в соответствии с совместным решением МСП и ВМФ от 14 ноября 1973 г.

Головная АПЛ пр. 671РТМ была заложена на стапелях ЛАО 7 мая 1976 г., спущена на воду 31 июня 1977 г., акт о приемке подводной лодки в состав ВМФ подписан 28 декабря 1977 г. Командиром АПЛ К-254 стал капитан I ранга С. И. Русаков.

Большое количество мероприятий было проведено на АПЛ пр. 671РТМ для того, чтобы шумность этого корабля была не больше, чем американских многоцелевых атомных подводных лодок типа «Los Angeles». От лодки к лодке снижался этот показатель, и только прекращение финансирования в период перестройки не позволило бюро до конца решить эту задачу. Она была решена уже на АПЛ следующего поколения типа «Барс» (пр. 971).

Тактико-технические характеристики АПЛ пр. 671РТМ:

Водоизмещение, м ³	4750
Основные размерения, м:	
длина	107,1
ширина	10,6
осадка	7,5
Экипаж, чел.	94
Торпедное вооружение, шт.:	
ТА калибра 650 мм	2
ТА калибра 533 мм	4

АПЛ пр. 671РТМ строились самой большой серией. На Адмиралтейском заводе (директор В. Л. Александров) и заводе им. Ленинского комсомола (директор Ю. З. Кучин) было построено 26 подводных лодок (по 13 на каждом заводе) этого проекта. Причина такого долголетия серии АПЛ пр. 671 заключается в правильно выбранной концепции, позволившей при большой мощности АЭУ, соблюдении строгих архитектурных форм, продуманном размещении механизмов и оборудования обеспечить ко-

раблям хорошие маневренные и мореходные качества. За весь длинный цикл жизни проект не утратил главных преимуществ перед подводными лодками вероятного противника: в скорости, глубине погружения, современном торпедном и ракетном оружии и, конечно, надежности.

Вот уже 30 лет служат эти подводные лодки отечеству, и за весь период эксплуатации флот не потерял ни одного корабля этой серии. Сотни автономных плаваний провели эти корабли на всех морских театрах от северных до южных широт.

Командование ВМФ и большинство личного состава высоко оценивают эти корабли. Огромная заслуга в этом принадлежит генеральному конструктору Г. Н. Черышеву — Герою Социалистического Труда, лауреату Государственных премий, заслуженному конструктору Российской Федерации, доктору технических наук, почетному академику Санкт-Петербургской инженерной академии (с 1984 г. после того, как Георгий Николаевич сосредоточился на проектировании и строительстве АПЛ пр. 971, главным конструктором серии подводных лодок пр. 671, 671РТ и 671РТМ коллегией МСП был назначен Р. А. Шмаков).

За создание этого проекта и его модернизацию многие сотрудники бюро, завода и контрагентских организаций были награждены орденами и медалями. Заместитель главного конструктора В. А. Собакин и строитель заказа В. С. Бешелев стали лауреатами Государственной премии. Главным конструктором проекта Р. А. Шмаков, главный инженер бюро В. А. Остапенко, главный конструктор по электрооборудованию О. А. Зувев-Носов, заместитель главного конструктора О. А. Алешков, начальник отдела вооружения В. Ф. Николаев, заместитель главного инженера завода В. И. Водянов и главный строитель С. П. Зеленский получили премии правительства РФ в области науки и техники.

Создание крупной серии атомных подводных лодок пр. 671, 671РТ и 671РТМ является большим научно-техническим достижением СПМБМ «Малахит», заводов-строителей, а также многочисленных контрагентов, внесших свой вклад в создание мощного Военно-Морского Флота, достойного России.

Литература

Адмиралтейские верфи. Люди, корабли, годы. 1926—1996/Под ред. В. Л. Александрова, СПб.: Гангут, 1996.
 Бузов В. Н. Отечественное военное кораблестроение. СПб.: Судостроение, 1995.
 Оружие России. Каталог. Т. 3. Корабли и вооружение ВМФ. М.: Военный парад, 1996.
 Самаркин Л. А. Многоцелевая ПЛА проекта 671//Морской сборник. 1995. № 2.

КОРАБЛЕСТРОИТЕЛЬ С. А. БАЗИЛЕВСКИЙ (К 100-летию со дня рождения)

6 февраля 2000 г. исполнилось 100 лет со дня рождения выдающегося кораблестроителя — одного из пионеров советского подводного кораблестроения доктора технических наук профессора Сергея Александровича Базилевского.

Есть инженеры разного склада. Одни являются генераторами идей и создателями новых направлений в технике, однако часто они не могут их реализовать на практике. Другие мгновенно подхватывают новшества, с блеском их развивают и претворяют в жизнь. Третьи, имея склонность к научным исследованиям, теоретически обосновывают те или иные аспекты функционирования техники в различных условиях. Сергей Александрович сочетал в себе все три ипостаси творческого проявления инженерной одаренности. Он был одним из создателей первой советской подводной лодки «Декабрист», затем активно участвовал практически во всех проектах довоенных подводных лодок. Послевоенное развитие подводного кораблестроения, совершившее качественный скачок с переходом на атомную энергетику, также проходило при его живом и творческом содействии. Он разработал теорию погружения и всплытия подводных лодок (ПЛ), которая объяснила возникновение значительных кренов при испытаниях первого «Декабриста» и позволила создать новую методику расчета остойчивости при погружении и всплытии лодки. С. А. Базилевский предложил и создал единый двигатель для надводного и подводного хода на отечественных подводных лодках. Этот двигатель, как и опытная ПЛ, на которой он был установлен, получила название РЕДО (регенеративный единый двигатель особого назначения).

Он впервые выдвинул идею использования жидкого кислорода для обеспечения работы дизеля под водой и решил конструкторские проблемы длительного хранения жидкого кислорода на ПЛ. Для обеспечения работы единого двигателя он разработал теорию горения, в которой исследовал термодинамику работы дизеля на искусственной газовой смеси. В надводном положении двигатель работает по обычной схеме, в подводном — использует кислород, хранящийся на ПЛ в жидком виде; азот замещается выхлопным углекислым газом, избыток которого сжигается компрессором до углекислоты, собирается в баллоны и откачивается за борт.

С. А. Базилевский разработал первый отечественный полный курс теории



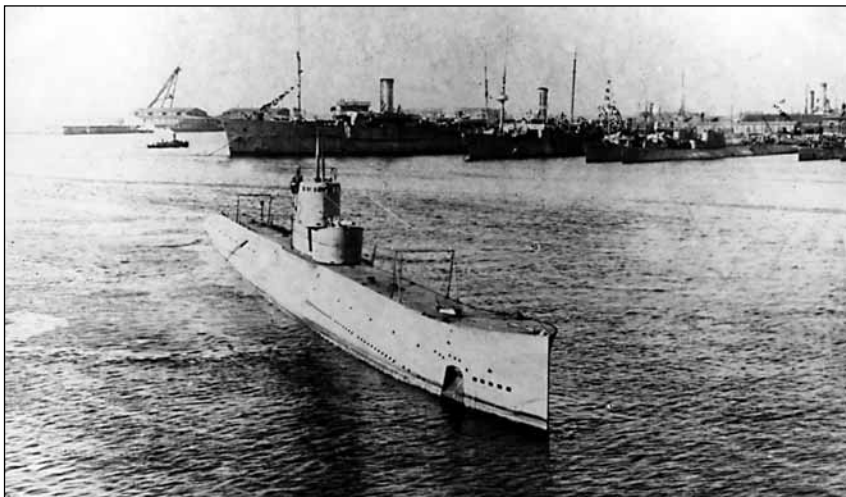
С. А. Базилевский (1900—1991)

проектирования подводных лодок и с успехом читал его в Военно-морской академии и Ленинградском кораблестроительном институте. Он сочетал в себе выдающиеся способности инженера, конструктора и ученого; научный и инженерный поиск приводили его к созданию новых конструкций и проектов, реализация и эксплуатация которых в свою очередь требовали разработки новых теоретических положений и научных методов, и он осуществлял это с успехом на протяжении своей долгой творческой деятельности.



Подводные лодки «Декабрист» и «Щука» на достройке

Сергей Александрович родился в Москве в семье офицера русской армии. После русско-японской войны семья переехала в Петербург. С. А. Базилевский окончил реальное училище и в 1916 г. поступил на кораблестроительный факультет Политехнического института, где его наставником был один из выдающихся кораблестроителей — профессор К. П. Боклевский. В 1918 г. ему пришлось прервать учебу — два года он прослужил в Красной Армии. В 1920 г. вернулся и в 1925 г. окончил кораблестроительный факультет с высокой оценкой дипломного проекта К. П. Боклевским. В 1926 г. началось возрождение отечественного подводного кораблестроения, пришедшего в полный упадок после гражданской войны. На Балтийском заводе было создано конструкторское бюро под руководством Б. М. Малинина — первого советского главного конструктора ПЛ. В этом бюро разработали проект первой советской подводной лодки «Декабрист», для чего пришлось практически на голом месте воссоздавать опыт проектирования ПЛ, так как после смерти основоположника подводного кораблестроения И. Г. Бубнова и гражданской войны этот опыт и вся документация по проектированию ПЛ были практически утрачены. В 1927 г. С. А. Базилевский по рекомендации П. Ф. Папковича был принят в бюро, где под руководством Б. М. Малинина стал одним из ведущих конструкторов и активно участвовал в создании первых трех серий лодок типов «Декабрист», «Ленинец» и «Щука». Во время испытаний головной ПЛ «Декабрист» в 1930 г. были обнаружены большие крены при ее погружении. В результате этого С. А. Базилевский вместе с Б. М. Малининым был обвинен во вредительстве и осужден на пять лет.



Подводный минный заградитель типа «Ленинец»

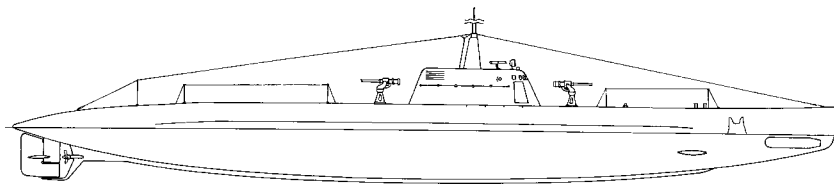
Находясь в заключении, он работал в Особом техническом бюро ОГПУ, где разработал теорию погружения и всплытия, обеспечивающую безопасность проведения этих маневров для ПЛ всех типов. Методика погружения и всплытия на базе этой теории позволила сохранить 19 уже построенных лодок, которые предназначались на слом.

Можно представить себе меру ответственности инженера, да еще находящегося в заключении, а также оценить его талант и интуицию, когда теоретические положения немедленно проверялись на практике в процессе испытания реальных кораблей, которые строились зачастую без разработки технических проектов.

В 1933 г. Сергей Александрович был досрочно и условно освобожден и продолжил работу в конструкторском бюро под руководством Б. М. Малинина. Работал сначала начальником проектного отдела, а затем (с 1933 по 1939 г.) — заместителем главного инженера ЦКБ-18 Б. М. Малинина, участвовал в проектировании последующих серий ПЛ. В 1959 г. его полностью реабилитировали.

В 1935 г. С. А. Базилевский начал работу над проектом ПЛ с единым двигателем (РЕДО), в 1938 г. по его проек-

ту была переоборудована одна из ПЛ XII серии в опытную ПЛ М-92. На лодке установили специально разработанный газопламенный дизель и все оборудование, обеспечивающее его работу в подводном положении. Вся энергетическая установка впервые была по предложению С. А. Базилевского установлена на амортизаторы. Ходовые испытания ПЛ полностью подтвердили возможность работы единого двигателя по предло-



Подводная лодка Р-1 с единым двигателем типа РЕДО

женной схеме. Война прервала эти исследования, однако они послужили предпосылками для дальнейших работ по созданию ПЛ с единым двигателем, выполнявшихся в послевоенные годы.

В 1939 г. С. А. Базилевскому по представлению профессора П. О. Папковича присваивается ученая степень

кандидата технических наук без защиты диссертации.

Во время Великой Отечественной войны Сергей Александрович организовал на Балтийском заводе универсальное конструкторское бюро для обеспечения ремонта кораблей и помощи войскам осажденного города и руководил его работой. Он спроектировал транспортные баржи для перевозки грузов по дороге жизни, которые строились прямо на берегу Ладожского озера. В 1942 г. по его проекту создали специальные паромы для отправки паровозов и вагонов на Большую землю. За навигацию 1942 г. на этих паромах вывезли из осажденного Ленинграда 271 паровоз и 1620 вагонов, платформ и цистерн.

На Балтийском заводе по проекту С. А. Базилевского во время блокады строились малые тралщики с усиленным вооружением и упрощенными обводами, что позволяло ускорить их строительство. Вся деятельность Сергея Александровича во время войны показала его замечательную способность мгновенно переориентировать свои творческие и научные интересы на насущные потребности осажденного города и сражающегося народа.

Сразу после войны С. А. Базилевский был командирован в Германию в ка-

честве представителя секции судостроения и судоходства при Советской военной администрации: он занимался поиском и изучением материалов по немецкому подводному судостроению.

С 1947 г. С. А. Базилевский ведет преимущественно научную и педагогическую работу — сначала в научно-техническом комитете ВМФ, а затем, с 1951 г. — в Военно-морской академии, где он создал курс теории проектирования ПЛ, изданный отдельной монографией и до настоящего времени представляющий большой интерес для кораблестроителей.

В 1959 г. С. А. Базилевский успешно защитил докторскую диссертацию, и с 1961 г. он — профессор Военно-морской академии. В 1964 г. вышла его монография «Теория ошибок, возникающих при проектировании судов», которая сразу стала настольной книгой судостроителей. В ней теория корабля используется для преобразования



Подводные лодки РЕДО и М-401

прототипов при проектировании ПЛ и даны рациональные методы оценки допустимых погрешностей при определении водоизмещения кораблей.

В середине 60-х годов С. А. Базилевский работал старшим научным сотрудником в СПМБМ «Малахит», а с 1970 по 1980 г., до ухода на пенсию, — в Высшем военно-морском училище им. Дзержинского. Здесь им написан учебник по истории подводного кораблестроения (совместно с В. И. Дмитриевым), он увлеченно работает над проблемой гидрореактивного двигателя. Одновременно он интересуется фундаментальными физическими проблемами и публикует большую статью «Ошибка Эйнштейна», вызвавшую большой интерес у специалистов.

Умер С. А. Базилевский в 1991 г., похоронен на Волковском православном кладбище Санкт-Петербурга. На протяжении всей своей долгой творческой жизни Сергей Александрович сохранял оригинальность и непосредственность мышления, постоянную любознательность. Он глубоко чувствовал и переживал каждое техническое решение. Приняв эстафету от И. Г. Бубнова и Б. М. Малинина, он сохранил и обогатил те черты, которыми отличались эти корифеи кораблестроения — универсальность знаний и технический морской энциклопедизм.

В 1996 г. Санкт-Петербургское морское бюро машиностроения «Малахит» выпустило книгу воспоминаний С. А. Базилевского «У колыбели подводного флота (записки конструктора)», которая с

интересом была воспринята всеми, кому небезразлична судьба отечественного флота и его история. На борту ПЛ «Народоволец» типа «Декабрист», установленной на Васильевском острове в Санкт-Петербурге, открыта экспозиция, связанная с деятельностью С. А. Базилевского по созданию первой серии советских ПЛ типа «Декабрист».

В XXI веке несомненно предстоит новое возрождение флота России, и в нем безусловно найдут отражение творческие поиски Сергея Александровича Базилевского.

**Б. Ф. Дронов, канд. техн. наук,
А. В. Кутейников, докт. техн. наук
(СПМБМ «Малахит»)**

НА КОНФЕРЕНЦИИ «МОРИНТЕХ-99»

Санкт-Петербург — известный европейский центр судостроения, знаменитый своими верфями, научно-исследовательскими и проектно-конструкторскими организациями, которые специализируются в области создания кораблей и судов, а также судового приборостроения и машиностроения. Распространение передовых интеллектуальных технологий важно для эффективного использования научного потенциала этих организаций и сохранения научно-технического задела, уже созданного российскими корабельщиками. В связи с этим с 14 по 16 сентября 1999 г. в залах Государственного образовательного центра Минатоммаша РФ проводилась III Международная конференция и выставка по морским интеллектуальным технологиям «Моринтех-99».

В конце XX века главным направлением научно-технического прогресса стала разработка «высоких технологий», составной частью которых на всех этапах материального производства является компьютерная поддержка. Конференция «Моринтех» (проводится регулярно раз в два года) отражает практически все аспекты, связанные с использованием компьютеров и других передовых технологий в судостроительной промышленности.

Организаторами конференции «Моринтех» стали Санкт-Петербургский государственный морской технический университет, научно-исследовательский центр «Морские интеллектуальные технологии», ЦНИИ МО РФ, Российская Академия наук, НИТИ им. А. П. Александрова, администрация Санкт-Петербурга.

По традиции конференции открылась приветственным словом от городской администрации. На пленарных заседаниях с докладами выступили видные ученые и представители судостроительной промышленности Санкт-Петербурга. Были затронуты вопросы качества судостроительного образования в России, обсуждены особенности финансирования научно-исследовательских работ в современных условиях, обоз-

начены проблемы новых высоких технологий в судостроительном производстве. Большой интерес собравшихся, среди которых было немало молодежи, вызвал доклад А. Н. Ситникова (ЦНИИТС) об основных направлениях совершенствования российской технологии строительства судов на пороге XXI века. Наряду с несомненными достижениями в развитии прогрессивных технологических методов на основе новых процессов (лазерные, плазменные и высокоэнергетические технологии) в ЦНИИТС активно используются математические методы и компьютерные программы, понимается необходимость скорейшего внедрения САЛС-технологий в отечественную судостроительную промышленность, проводятся исследования в этом направлении.

Вице-президент ассоциации разработчиков информационных и управляющих систем профессор В. Ф. Шпак предложил к обсуждению вопрос об открытии в Санкт-Петербурге постоянно действующего морского салона. Эта тема получила дальнейшее развитие на круглом столе международной выставки «Нева-99», где был принят ряд важных решений, которые могут стать основой для проведения в нашем городе Международного Военно-Морского салона. Этот форум предполагается проводить с участием судостроительных верфей и КБ, научно-исследовательских институтов, ВМФ, администрации города. Одна из его основных задач — стимулирование экспорта отечественной военно-морской техники.

Основные направления работы конференции, включающие проектирование, технологию, эксплуатацию, математическое моделирование, искусственный интеллект и системную интеграцию, группировались по следующим секциям:

- интеллектуальные технологии в проектировании кораблей и судов, компьютеризация процессов проектирования (рук. — докт. техн. наук А. И. Гайкович, СПбГМТУ);

- интеллектуальные технологии в строительстве кораблей и судов (рук. — докт. техн. наук В. Ф. Соколов, СПбГМТУ);

- интеллектуальные технологии в эксплуатации кораблей и судов (рук. — докт. техн. наук Д. А. Скороходов, ИПТ РАН);

- интеллектуальные технологии в прикладных исследованиях (рук. — канд. техн. наук А. И. Фрумен, СПбГМТУ);

- интеллектуальные технологии в морской и судовой энергетике, энергосберегающие технологии (рук. — канд. техн. наук О. И. Лейкин, ЦНИИ МО РФ);

- интеллектуальные технологии в морских технологиях (рук. — докт. техн. наук Ю. И. Нечаев, СПбГМТУ);

- транспортно-портовые комплексы (рук. — канд. техн. наук В. А. Анитропов, ЦНИИ МО РФ);

- технологии утилизации экологически опасных морских технических систем (рук. — докт. техн. наук И. В. Лисовский, СПбГМТУ).

В рамках конференции проводились круглые столы и семинары: «Интеллектуальные технологии морского приборостроения», «Комплексные испытания транспортных ЯЭУ на наземных стендах-прототипах», «Проблемы искусственного интеллекта в морских технологиях», «Идеи и фантазии XXI века».

Третья конференция «Моринтех» была посвящена 100-летию Санкт-Петербургского государственного морского технического университета, поэтому среди собравшихся было много представителей военно-морских и гражданских учебных организаций по подготовке кадров для судостроения. Некоторые достижениями докладов были сделаны аспирантами.

«Моринтех» становится традиционным судостроительным форумом нашего города, на котором можно не только ознакомиться с текущими достижениями промышленности и конверсионными проектами, но и почерпнуть сведения о новых научных разработках и направлениях развития судостроительной науки.

КОРАБЕЛЬНЫЕ АНАЭРОБНЫЕ НЕАТОМНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ НА БЕЗГАЗОВОМ ТОПЛИВЕ

Ю. М. Халиуллин, докт. техн. наук; В. Н. Темнов, докт. техн. наук;
В. Н. Мошков, канд. техн. наук (ВМИИ)

УДК 621.499-213.3:629.5

Применение атомных энергетических установок, работающих по закрытому циклу, позволяет существенно улучшить характеристики кораблей, особенно подводных лодок (ПЛ), но создает радиационную опасность. После аварий на Чернобыльской атомной электростанции и на ПЛ «Комсомолец», возникновения экологической опасности при выводе атомных ПЛ из состава ВМФ приходит понимание необходимости использования неатомных анаэробных энергетических установок (АНЭУ). Уже сегодня за рубежом появились образцы торпед (рис. 1) и разрабатываются ПЛ с АНЭУ, имеющими лучшие характеристики, чем дизель-электрические установки [1–6].

Интерес к АНЭУ вызван не только потребностями ВМФ, но и гражданских организаций, например, занимающихся гидрологическими исследованиями Мирового океана, разработкой шельфа, добычей полезных ископаемых в условиях ограниченной вентиляции или полного ее отсутствия, особенно во взрывоопасной среде.

АНЭУ могут использоваться в качестве главных энергетических установок неатомных ПЛ, глубоководных аппаратов различного назначения, а также как вспомогательные энергетические установки атомных ПЛ при выходе из строя главной установки. Для таких задач требуются АНЭУ мощностью более 100 кВт при подводной автономности более 100 ч.

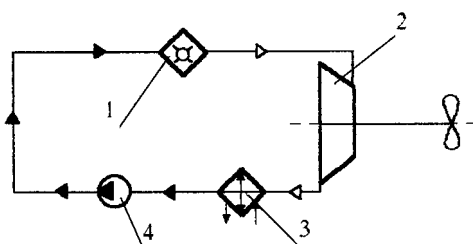


Рис. 1. Паротурбинная установка торпеды АЛВТ:
1 — камера сгорания — парогенератор; 2 — паровая турбина; 3 — холодильник; 4 — насос

В ВМИИ разработаны проекты АНЭУ на основе газо- и паротурбинных установок закрытого цикла (ГТУЗЦ и ПТУЗЦ) с использованием так называемых безгазовых топлив (БГТ). Под БГТ принято понимать химические вещества, которые при горении в замкнутом объеме без связи с атмосферой образуют при нормальных условиях только конденсированные жидкие или твердые про-

дукты реакции. Количество таких химических соединений очень велико. Основной горючей компонентой БГТ являются металлы. Кроме металлов в качестве горючего могут рассматриваться также некоторые неметаллы — водород, бор, углерод, кремний. В качестве окислителей, реагирующих с горючим в режиме безгазового горения, используются кислород- и галогенсодержащие органические соединения, большая группа кислородсодержащих твердых соединений (перхлораты и перекисные соединения), выделяющих при разложении свободный кислород.

Следует отметить, что используемые в электрохимических генераторах водород и кислород также являются компонентами безгазового топлива и именно с этого состава начинались исследования БГТ в ВМИИ. Однако, исходя из анализа энергетических, экономических и эксплуатационных характеристик, взрывопожаробезопасности и токсичных свойств, в качестве базовой топливной системы для использования в АНЭУ была выбрана система «Mg + CO₂», дающая только конденсированные продукты сгорания (ПС) «MgO + C». Объем последних сравним с объемом исходных веществ, что позволяет решить задачу хранения конденсированных ПС на борту ПЛ.

Безгазовое топливо «Mg + CO₂» характеризуется достаточно высокой калорийностью, взрывопожаробезопасностью, доступностью природных ресурсов и освоением промышленного производства, возможностью совместного, так и раздельного длительного хранения и транспортировки компонентов без изменений физико-механических свойств при колебаниях температуры окружающей среды и наличии вибрационно-ударных нагрузок, экологической чистотой исходных веществ и конечных продуктов. Особенность данной системы заключается в возможности регенерации исходных реагентов из продуктов реакции.

Горение БГТ можно обеспечить различными способами сжигания компонентов, основные из которых — слоевой способ, сжигание в кипящем слое, сжигание в потоке (закрученном или прямоточном), погружное горение (барботажное), поверхностное горение, сжигание в парофазном виде. В первых трех способах реализации горения топливной системы «Mg + CO₂» горючая компонента применяется в виде порошка или гранул металла. В случае погружного или

поверхностного горения используется расплав магния, причем при барботажном горении окислитель подается через специальные форсунки (фурмы), расположенные под свободной поверхностью расплава. При поверхностном горении форсунки расположены над поверхностью. В случае сжигания в парофазном виде осуществляется предварительное расплавление магния, его нагрев до температуры кипения и перегрев паров. Перегретый пар поступает в зону смешения с окислителем, где сгорает с образованием конденсированного продукта «MgO + C».

Разработанные ВМИИ схемы АНЭУ на БГТ (рис. 2), отличаются от классических наличием перед турбиной системы очистки газообразного рабочего тела от твердых продуктов сгорания с регенератором тепла шлака и хранилищем шлака. В этих схемах порошкообразный магний подается в качестве холодного окислителя из емкости хранения в камеру сгорания (КС). Одновременно в КС подается подогретое в регенераторах рабочее тело (в одноконтурной схеме) или теплоноситель (в двухконтурной). В обоих случаях используется газообразный углекислый газ. Образовавшаяся двухфазная смесь поступает из КС в сепаратор, где происходит очистка газообразного рабочего тела от твердых ПС. Далее шлак поступает в регенератор шлакового тепла, а затем в шлакоборник. Очищенное и нагретое примерно до 1000 °С рабочее тело поступает в газовую турбину, затем в регенератор тепла, холодильник, испаритель, компрессор, регенератор шлакового тепла и, наконец, возвращается снова в КС. В двухконтурной схеме газовый теплоноситель отдает тепловую энергию рабочему телу в парогенераторе.

При разработке АНЭУ впервые были решены следующие задачи:

- определен диапазон режимных параметров, при которых существует безгазовый режим горения;
- установлены тепловые и гидродинамические параметры реагирующего двухфазного потока в объеме камеры сгорания;
- исследовано влияние конструктивных и других параметров АНЭУ на эффективность сжигания топлива;

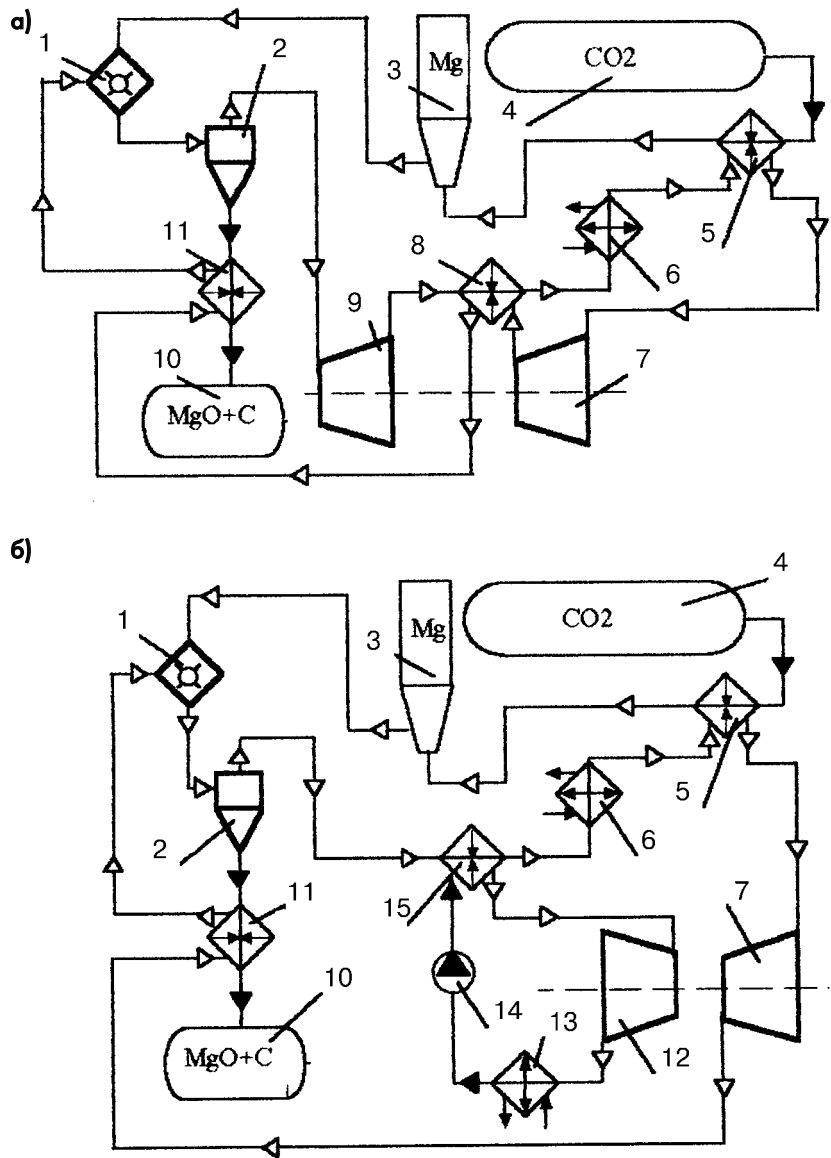


Рис. 2. Анаэробная энергетическая установка на безгазовом топливе: а — одноконтурная ПТУЗЦ, б — двухконтурная ПТУЗЦ;

1 — камера сгорания; 2 — сепаратор; 3 — хранилище горючего; 4 — хранилище окислителя; 5 — регенератор-испаритель; 6 — холодильник; 7 — компрессор; 8 — регенератор тепла турбины; 9 — газовая турбина; 10 — хранилище шлаков; 11 — регенератор тепла; 12 — паровая турбина; 13 — конденсатор; 14 — насос; 15 — парогенератор

- разработаны система воспламенения компонентов и рациональная схема газоочистки и определена их работоспособность в условиях закрытого цикла;

- исследована работа системы подачи топлива в условиях замкнутого цикла и разработана система шлакоудаления;

- определены экономичные способы компактного хранения топлива и конденсированных ПС на борту подводных объектов;

- создана (на базе полученных экспериментальных данных) мате-

матическая модель газотермодинамики рабочих процессов в КС и других элементах АНЭУ с учетом реальных физических процессов горения, конденсации, теплообмена и др.;

- разработаны пути совершенствования АНЭУ на БГТ.

Нетрадиционное топливо потребовало создания и нетрадиционного оборудования для его использования. Были разработаны, созданы, запатентованы и исследованы топочные устройства и КС различных типов — прямоточные, циклонные,

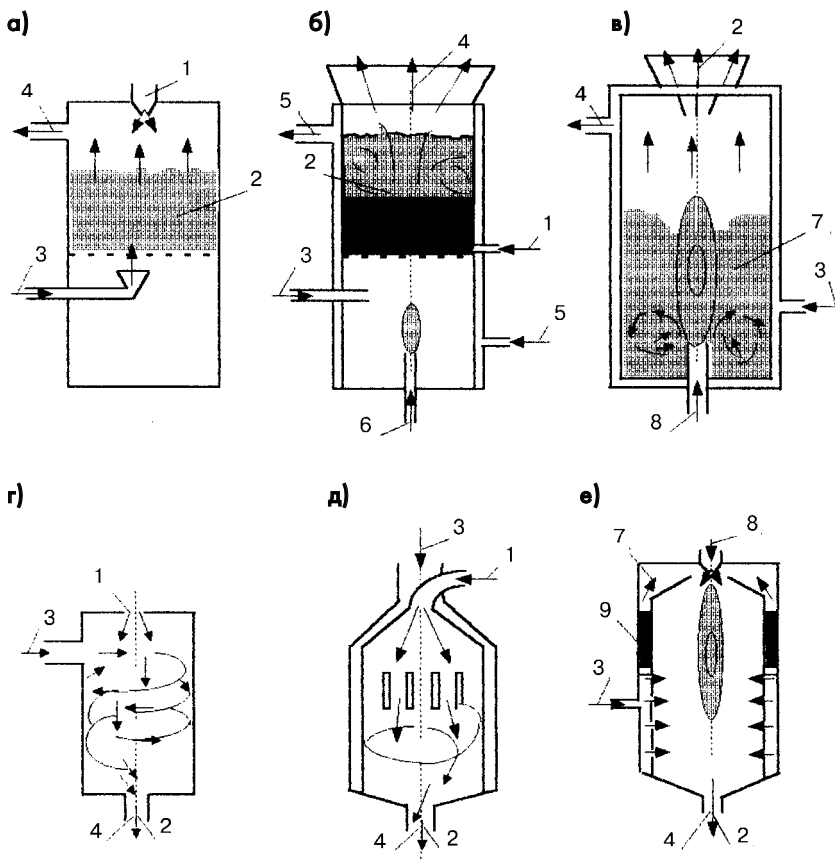


Рис. 3. Камеры сгорания: а — с продуваемым слоем; б — с кипящим слоем; в — барботажные; г — циклонные; д — прямоточные; е — парофазные; 1 — топливо; 2 — продукты сгорания; 3 — холодный теплоноситель; 4 — нагретый теплоноситель; 5 — охладитель; 6 — воспламенитель; 7 — пары горючего; 8 — окислитель; 9 — горючее

слоевые, барботажные, парофазные (рис. 3), различные устройства подачи топлива, очистки рабочего тела, устройства уплотнения шлаков [7]. Например, при разработке воспламенительных устройств были разработаны и испытаны новые конструкции плазмотронов. На основе расчетных и опытных данных проведен анализ особенностей внутритопочных процессов. Работоспособность перечисленного оборудования и систем была подтверждена опытными данными, полученными в ходе экспериментальных исследований, выполненных на «холодных» и «горячих» стендах. В последнем случае эксперименты проводились на установках малой тепловой мощностью и мощностью 200 и 400 кВт.

На основании этих экспериментов был разработан проект ПЛ с АНЭУ на топливе «Mg + CO₂» в различных вариантах исполнения: форсажно-маршевом; с частичным или полным электродвижением; с различными исходными данными

на форсажном ходу, при переходе и в условиях обеспечения скрытности. При этом был определен состав нетрадиционного энергетического оборудования, проведены тепловые расчеты элементов энергооборудования и подробно рассмотрены их конструктивные особенности и режимы работы, оценены массогабаритные характеристики энергооборудования и систем хранения топлива и продуктов сгорания. Сопоставление ПЛ с АНЭУ на БГТ и дизель-электрической ПЛ (ДЭПЛ) показало, что при некоторых исходных данных АНЭУ на БГТ может быть размещена полностью в габаритах ДЭПЛ базового варианта. В составе АНЭУ могут использоваться ПТУЗЦ и ГТУЗЦ с рабочими параметрами, достижимыми на сегодняшний день в традиционном энергомашиностроении. Разработанный проект ПЛ с АНЭУ по своим техническим характеристикам существенно превосходит базовый вариант ДЭПЛ.

Для внедрения рассмотренных вариантов АНЭУ на реальных объектах немаловажное значение приобретает система берегового базирования. В процессе исследований была предложена необходимая инфраструктура системы, определен ее состав, проведена оценка взрывопожароопасности таких объектов. Установлено, что для перевозки порошков магния может быть использован без существенных изменений специализированный транспорт для сыпучих грузов с созданием защитной среды из инертного или углекислого газа. Длительное хранение порошка магния на базе может осуществляться в специализированных складах-емкостях силосного типа, которые также широко используются для хранения сыпучих грузов. При разгрузке и загрузке хранилищ в качестве транспортирующего газа применяется диоксид углерода, который хранится в стационарной изо-термической емкости.

Как уже отмечалось, очень важным свойством БГТ является возможность восстановления исходного состава топлива из продуктов сгорания. Например, компоненты безгазового топлива «H₂ + O₂» могут быть получены из воды, а «Mg + CO₂» — из окиси магния и углерода. Термодинамические расчеты показали, что реакция $Mg + CO_2 = MgO + C$ смещается влево при температуре $T \geq 2000$ °С. Имеются и другие способы восстановления магния. Например, при $T = 1900$ °С окись магния в вакууме диссоциирует с возгонкой магния.

Одновременно с рассмотренными выше АНЭУ на БГТ «Mg + CO₂», использующими в качестве устройства для получения тепловой энергии циклонные КС, а в качестве преобразователей тепловой энергии в полезную работу — ПТУЗЦ и ГТУЗЦ, были разработаны и другие варианты: с использованием КС слоевого типа, двигателя с внешним подводом теплоты (ДВПТ) — двигателя Стирлинга, БГТ другого состава, БГТ в комбинации с дизель-электрической установкой замкнутого цикла и электрохимического генератора.

Например, АНЭУ на БГТ, в которой тепловая энергия топлива преобразуется с помощью двигателя Стирлинга, при заданных параметрах теплового цикла имеет КПД свыше 40%. К достоинствам тепловой

схемы АНЭУ, в которую наряду с ДВПТ входит КС слоевого типа (рис. 4), относится высокая эффективность использования тепловой энергии ПС топлива, обеспечиваемая благодаря организации их газофазного охлаждения по противоточной схеме. Горячий газ из КС поступает в теплообменник ДВПТ, где отдает часть своей энергии рабочему телу ДВПТ (гелий, углекислый газ), однако на выходе он все еще сохраняет сравнительно высокую температуру (до 400 °С). Благодаря применению низконапорной циркуляции, потери, связанные со сжатием неохлажденного газа, мало сказываются на общей энергетической эффективности АНЭУ при значительном упрощении конструкции и уменьшении ее массы, что особенно актуально для глубоководных аппаратов.

Были также созданы КС слоевого типа для АНЭУ небольшой мощности. Простота и надежность конструкции, минимальное обслуживание, компактность имеют для них первостепенное значение. В связи с этим представляется целесообразным применение широко известных и освоенных промышленностью малогазовых топливных систем, используемых в технологиях синтеза тугоплавких и абразивных материалов (например, «Ti + C», «Ti + V»). Эти топлива можно сжигать в топочных устройствах слоевого типа, а в качестве энергопреобразующих машин применять ГТУ и двигатели Стирлинга.

В приведенной на рис. 1 схеме американской торпеды ALWT используется паротурбинная АНЭУ с барботажной КС. Простота и компактность конструкции определяются применением одноступенчатой паротурбинной установки, прямого парогенератора и отказом от регенерации тепловой энергии отработанного пара. Несмотря на очевидные недостатки этой тепловой схемы и низкую эффективность барботажной КС, именно данный тип АНЭУ, использующий топливную композицию «литий + гексафторид серы», на современном этапе обеспечивает наибольший энергозапас перспективного необитаемого подводного аппарата, разрабатываемого для ВМС США, по сравнению с другими энергоисточниками.

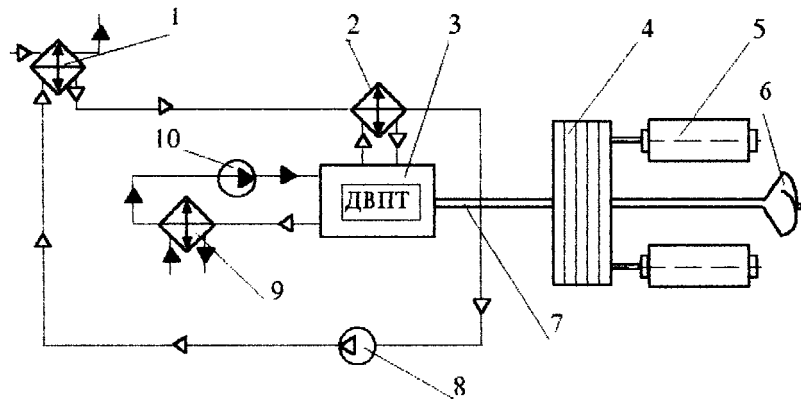


Рис. 4. Анаэробная энергетическая установка с камерой сгорания слоевого типа и двигателем Стирлинга:

1 — камера сгорания; 2 — головка ДВПТ; 3 — ДВПТ; 4 — текстропная передача; 5 — электрогенератор; 6 — винт; 7 — валопровод; 8 — побудитель циркуляции; 9 — холодильник; 10 — насос

В ВМИИ также выполнен цикл расчетно-теоретических и экспериментальных исследований по созданию макетных АНЭУ на топливной композиции «литий + гексафторид серы».

Еще одна разновидность БГТ — так называемые термитные составы, представляющие собой в основном смесь порошка алюминия с порошками окислов различных металлов. Продукты сгорания термитных составов также являются конденсированными. Например, при горении системы «Al + Fe₃O₄» образуются твердые ПС «Al₂O₃ + Fe». Разработкой энергетических установок замкнутого цикла на основе термитных составов также занимался ВМИИ.

Возможно применение БГТ в ЭУ с электрохимическим генератором и дизелем, работающими по замкнутому циклу. Совместно с ВИТУ создана схема АНЭУ на основе комбинации такого дизеля и ГТУЗЦ, позволяющая приступить к созданию опытно-промышленного образца мощностью до сотен киловатт. Выполненные проработки показали также перспективность использования комбинированных АНЭУ с электрохимическим генератором.

Проводимые в ВМИИ работы по дальнейшему совершенствованию АНЭУ на БГТ показали возможность использования таких установок в различных областях энергетики и в различных атмосферных условиях (например, в марсианской атмосфере) [8].

Анализ результатов исследований в рассматриваемой области показывает, что за рубежом интенсив-

но ведутся работы по созданию нового класса ПЛ с АНЭУ. В России также имеется существенный научно-технический задел по применению АНЭУ в самых различных отраслях, отработаны и исследованы схемные решения, позволяющие создать надежно работающие и экономичные АНЭУ, и пока еще есть специалисты, способные реализовать эти проекты на практике.

Литература

1. Richard S. Pauliukonis, Cleveland, Ohio, Fuel Sistem Comprising Sulfur Hexafluoride and Lithium Containing Fuel. Filed Feb. 19, 1962, Ser. N 174, 2887 Claims. (Cl. 149-109). Patented June 13, 1967.
2. Кучеров А. Разработка в США энергетических установок для НПА//Зарубежное военное обозрение. 1997. № 2.
3. Чекалов Ю. Н. Тепловые энергетические установки на замкнутом цикле для неатомных подводных лодок и аппаратов//Судостроение. 1995. № 4.
4. Колбенив И. Л. Электрохимические генераторы на подводных аппаратах. М.: Военное изд-во МО СССР, 1980.
5. Воронович Н. А., Петров С. А. Анаэробные энергетические установки зарубежных подводных аппаратов//Сб. материалов межвузовской НТК. СПб.: ВМИИ, 1999.
6. Воронович Н. А. Энергетические установки для перспективных неатомных ПЛ//Сб. материалов межвузовской НТК. СПб.: ВМИИ, 1999.
7. Гужиев А. В. Конструктивные особенности анаэробных ЭУ, работающих на безгазовых и малогазовых топливах//Сб. материалов межвузовской НТК. СПб.: ВМИИ, 1999.
8. Темнов В. Н., Мошков В. Н. Пути дальнейшего совершенствования ЭУЗЦ на безгазовом топливе//Сб. материалов межвузовской НТК. СПб.: ВМИИ, 1999.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ВЗАИМОЗАВИСИМОСТИ ВСЕХ СИСТЕМ И МЕХАНИЗМОВ КОРАБЛЯ И АЛГОРИТМ ЕГО ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ

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

УДК 591.1-74:629.5

Опыт борьбы за живучесть (БЗЖ) технических средств (ТС) как в отечественном ВМФ, так и в ВМС США свидетельствует, что примерно в 30% случаев операторы ТС своими действиями только усугубляли аварийную ситуацию. Эти действия были либо неправильными, либо несвоевременными, либо несоординированными. Попытки улучшить ситуацию, повысив качество обучения операторов и ужесточив их ответственность, существенных результатов не принесли.

Анализ действий операторов в процессе БЗЖ на таких технических сложных кораблях, как атомные подводные лодки (АПЛ), показал, что имеются две объективные причины, обуславливающие появление ошибок.

Первая причина заключается в дефиците времени на принятие решения. В соответствии с существующими требованиями максимально через 30 с после начала аварии уже должны начаться первые противоаварийные мероприятия. Чтобы уложиться в это время, на осознание аварийной ситуации, обдумывание и принятие решения на противоаварийные действия оператор, согласно проведенным исследованиям, имеет максимум 12 с, а фактически в среднем ему требуется 16 с. Следовательно, оператор просто физически не успевает адекватно отреагировать на быстро меняющуюся аварийную ситуацию.

Вторая причина обусловлена дефицитом информации. Современные АПЛ настолько сложны, их системы и механизмы настолько технологически взаимозависимы, что одному оператору практически невозможно осознать все происходящие процессы для принятия правильного решения. Чтобы этого избежать, искусственно единую функцию управления всеми ТС разделили на три части и, соответственно, ввели трех операторов: главной

энергетической установки (ГЭУ), электроэнергетической системы (ЭЭС) и общекорабельных систем (ОКС).

В нормальной неаварийной обстановке такое разделение функций управления хорошо себя зарекомендовало. Однако при аварии возникает противоречие. С одной стороны, одному оператору все технологические процессы не осознать, а с другой, исходя из теснейшей технологической взаимозависимости всех ТС АПЛ, каждому оператору надо знать техническое состояние не только вверенных ему механизмов и систем, но и других, информации о которых он не имеет вследствие разделения единой функции управления на три пульта. В такой ситуации операторы объективно вынуждены действовать разобщенно, часто наугад. В результате их действия становятся несоординированными между собой, что и ведет к усугублению аварийной ситуации.

Именно в этом случае операторам может помочь алгоритм, основанный на математической модели, учитывающей реальную технологическую взаимозависимость всех ТС

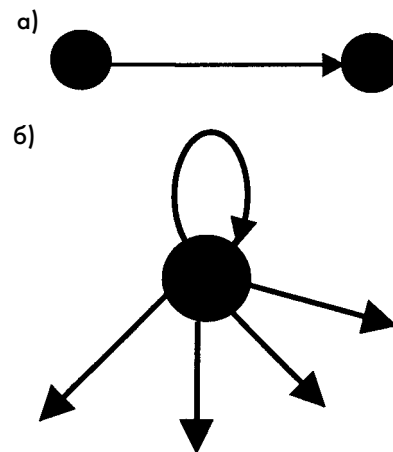


Рис. 1. Формализация передачи энергии, вещества или информации (а) и источника энергии, вещества или информации (б)

корабля. Поставим задачу формально. Пусть дана большая сложная техническая система, под которой будем понимать ТС всей АПЛ в целом, состоящие из множества физических и функционально разнородных, но технологически взаимозависимых систем и механизмов. В такой системе происходит произвольная комбинация повреждений элементов. Требуется в кратчайшее время выработать единое скоординированное по всей сложной системе решение на переключения в ней с целью локализации аварии и максимально возможного поддержания ее работоспособности, затем это единое решение разделить согласно числу операторов и выдать его каждому из них в части, касающейся его функциональных обязанностей. Предъявим ряд обязательных требований к качеству такого решения:

решение должно быть выработано в форме конкретных действий операторов (т. е. в нем необходимо конкретно указать, какой клапан открыть, какой закрыть, какой насос пустить, какой остановить и т. д.);

должна учитываться ситуация, когда часть операторов в ходе БЗЖ потеряет работоспособность, тогда действия оставшихся в строю должны быть изменены с учетом этого факта;

следует предусмотреть возможную ситуацию, когда после произвольной комбинации повреждений какую-либо систему можно вынуждено собрать из оставшихся не поврежденными элементами только по нештатной схеме ее включения, тогда решение обязательно должно содержать анализ возможных перегрузок;

решение должно включать в себя прогноз того будущего общего состояния всей технической системы, в которое она может попасть при условии, что все операторы в точности выполняют все рекомендованные им действия.

Такой алгоритм, получивший название «Энергия», создан в ВМА им. Н. Г. Кузнецова.

Опишем его на конкретном упрощенном примере. Предложим для этой цели использовать математический аппарат теории цветных графов. Случай, когда один элемент отдает другому энергию, вещество или информацию (ЭВИ), будем обозначать дугой, выходящей из одной

вершины графа и входящей в другую (рис. 1, а). Если какой-либо элемент является источником ЭВИ, то этот факт обозначим петлей при вершине, т. е. элемент как бы получает ЭВИ «из самого себя» (рис. 1, б). Большинство связей в граф-моделях сложных систем символизируют передачу того или иного типа энергии (а не вещества или информации), поэтому алгоритм и был назван «Энергия».

Используя такое математическое описание, можно составить граф-модель технической системы любой сложности. В качестве примера рассмотрим корабельную котлотурбинную установку (КТУ), состоящую из котла с топливной цистерной и топливным насосом, паропроводов, подающих пар на главные турбозубчатые агрегаты № 1 и № 2 (ГТЗА) с навешенными на них генераторами (Г) и винтами движительного комплекса (рис. 2). Вакуум в главном конденсаторе (ГК) создается при помощи главного эжектора (ГЭЖ). Охлаждается пар в ГК забортной водой, которая прокачивается при помощи главного циркуляционного насоса (ГЦН). Питательная вода в котел подается последовательно включенными электроконденсатным и электропитательным насосами (ЭКН и ЭПН). Вырабатываемая навешенными на ГТЗА генераторами электроэнергия напряжением 380 В при частоте тока 50 Гц поступает на главные распределительные щиты ГРЩ-1 и ГРЩ-2, между которыми есть перемычка с автоматом А1. При помощи дизель-обратимых преобразователей ДОП-1 и ДОП-2 переменный ток преобразуется в постоянный и подается на щиты постоянного тока ЩПТ-1 и ЩПТ-2, между которыми имеется перемычка с автоматом А2.

При потере напряжения в сети 380 В/50 Гц автоматически срабатывает запорное кремниевое устройство ЗУК-1 и ЗУК-2 и ток от аккумуляторных батарей АБ-1 и (или) АБ-2 идет на ДОП-1 и (или) ДОП-2, которые при этом переходят в инверторный режим, т. е. из постоянного тока вырабатывают переменный и питают ГРЩ-1 и (или) ГРЩ-2. ЗУК-1 и ЗУК-2 шунтируются автоматами ВБ-1 и ВБ-2 соответственно. Между АБ-1 и АБ-2 также имеется перемычка с автоматом А3.

В случае выхода из строя КТУ и АБ обоих бортов, соединяются муф-

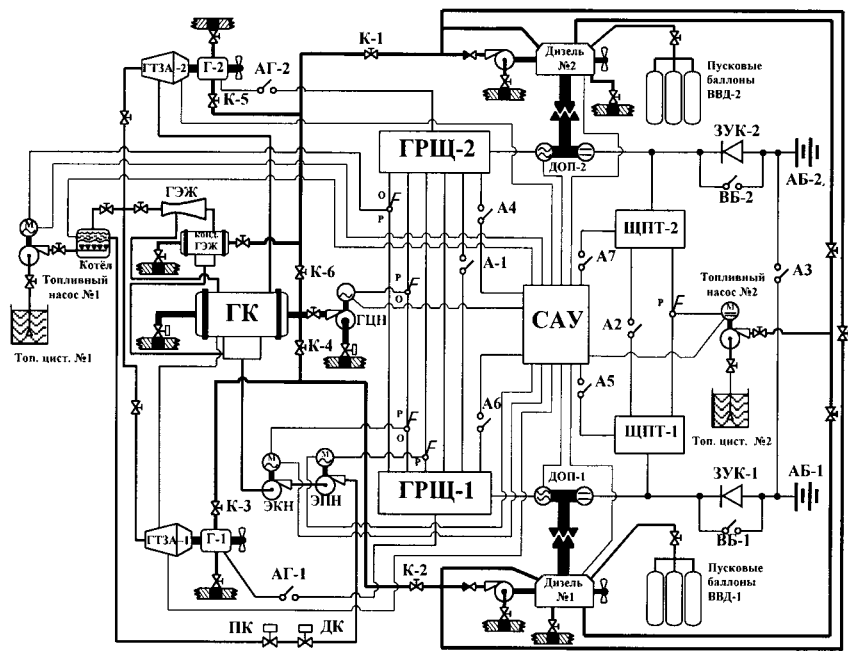


Рис. 2. Типовая схема корабельной котлотурбинной установки

ты у ДОП-1 и ДОП-2 и от пусковых баллонов воздуха высокого давления ВВД-1 и ВВД-2 запускаются дизели Д-1 и Д-2. На вал каждого дизеля навешены насосы забортной охлаждающей воды, которые вместе с ГЦН через клапаны К-1—К-6 образуют единую систему водяного охлаждения (СВО). От дизелей приводятся гребные винты вспомогательного подруливающего устройства. Топливо к дизелям подается с помощью топливного насоса № 2 из топливной цистерны № 2. Всеми крупными механизмами управляет система автоматического управления (САУ), а при ее выходе из строя ими можно управлять вручную с местного поста по соответствующим командам. Источники основного и резервного каналов подвода электрической энергии к электродвигателям соответствующих насосов также показаны на рис. 3.

По правилам математической формализации построим граф-модель (L-граф) данной технической системы (см. рис. 3). Здесь у конца каждой дуги и петли стоят двухразрядные числа. Разряд десятков говорит о номере типа питания ЭВИ (1 — пар или топливо, 2 — электроэнергия 380 В 50/Гц, 3 — управляющие сигналы от САУ, 4 — питательная вода, 5 — забортная вода, 6 — электроэнергия постоянного тока), а разряд единиц соответствует номеру приоритета ввода в действие резерва.

Приоритет 1 имеют все связи, работающие в спецификационном режиме (на рис. 3 они показаны толстыми дугами). Все резервные дуги (приоритеты 2 и более) обозначены тонкими линиями. На рис. 4 показаны соответственно матрицы связности вершин суграфа фактических каналов передачи ЭВИ — матрица В (рис. 4, а) и резервных связей — матрица С (рис. 4, б). Каждый их ненулевой элемент соответствует двухразрядному числу на концах соответствующих дуг и петлей.

Рассмотрим работу алгоритма при конкретной ситуации. Пусть поражающие факторы какой-либо аварии (пожар, затопление, разрыв в системе ВВД или паропроводов и т. д.) приведет к выходу из строя генератора Г-1 (см. рис. 2). Формально это записывается внесением в содержание вектора аварии всех выходящих дуг из вершины № 7:

$$R_1^0 = \left(\bigcup_{i=1}^7 r_{1,i}^0 \right) \in \{r_{1,1}^0 = 23\}.$$

Здесь 23 — это номер дуги (на рис. 3 все номера дуг даны в скобках).

В результате такого повреждения ГРЩ-1 потеряет питание электроэнергией с параметрами 380 В/50 Гц. В матрице В (см. рис. 4, а) это будет соответствовать тому, что в строке 9 и столбце 7 ее ненулевой элемент $b_{9,7} = 21 \rightarrow 0$ станет равным нулю.

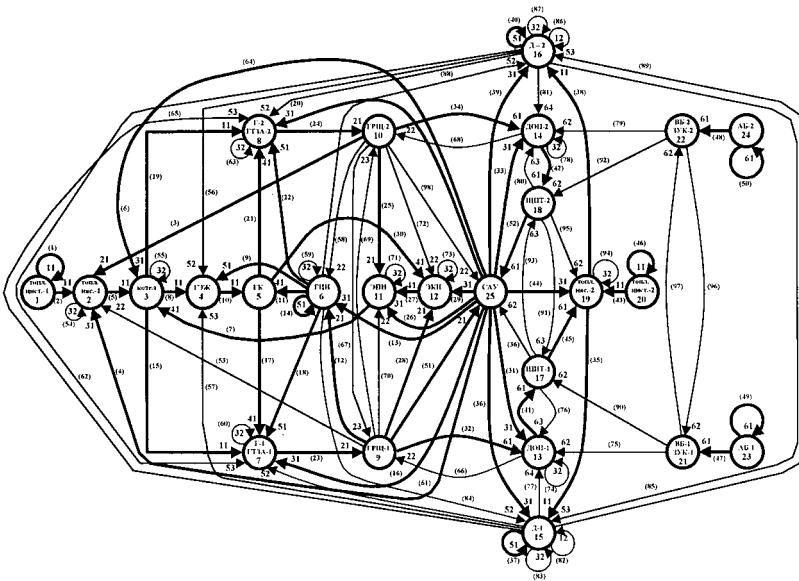


Рис. 3. Граф-модель корабельной котлотурбинной установки

В этом случае алгоритм будет функционировать следующим образом: в матрице резервов C (см. рис. 4, б) в ее строке 9 он будет искать ненулевой элемент с тем же самым типом питания 2 (380 В/50 Гц) и следующим по порядку номером ввода в действие резерва, т. е. приоритетом 2. Следовательно, этот элемент должен иметь индекс 22. Такой элемент алгоритм найдет в колонке 13 матрицы C , т. е. $c_{9,13} = 22$. Затем алгоритм переводит элемент $c_{9,13} = 22$ из матрицы C в матрицу B на свое место, т. е. в строку 9 и колонку 13. После чего этот элемент из матрицы C исключается, т. е. $c_{9,13} = 22 \rightarrow 0$, а в матрице B появляется новый ненулевой элемент $b_{9,13} = 0 \rightarrow 22$ (см. рис. 4). Математически эту операцию можно записать в следующем виде:

$$(r_{1,1}^0 = 23 \cap L) \Rightarrow (b_{9,7} = 21 \rightarrow 0) \& (c_{9,13} = 22 \rightarrow 0) \& (b_{9,13} = 0 \rightarrow 22).$$

Обработывая каждый элемент вектора аварий R_1^0 , алгоритм «запоминает» номера всех перемещенных элементов из матрицы C в матрицу B . Каждый такой перенос в реальности есть ввод в действие какой-то резервной связи. Но для того, чтобы это сделать, оператору нужно выполнить какие-то конкретные действия. Поэтому для каждого ненулевого элемента матрицы резервов C заранее поставлено в соответствие текстовое сообщение для оператора о том, что ему конкретно

нужно сделать для ввода в действие каждой резервной связи. Следовательно, когда алгоритм «Энергия» заканчивает обрабатывать векторы аварий всех поколений, на экран дисплея выдаются текстовые сообщения о конкретных действиях оператора по вводу в работу тех резервных связей, номера которых соответствуют тем ненулевым элементам матрицы C , которые переместились в матрицу B .

Далее алгоритм сортирует все перемещенные элементы из матрицы C в матрицу B по типам передаваемой энергии, вещества или информации (номерам цвета красок). Для нашего примера (см. рис. 2): оператору пульта ГЭУ — 1, 4 и 5; оператору пульта ЭЭС — 2 и 6; вахтенному группы КИПиА (контрольно-измерительных приборов и автоматики) — 3.

Затем, согласно этим номерам, в виде текста выдаются рекомендации на экраны дисплеев соответствующим операторам о выполнении необходимых оперативных переключений в сложной технической системе, например:

РЕКОМЕНДАЦИИ ОПЕРАТОРАМ ПО БОРЬБЕ ЗА ЖИВУЧЕСТЬ

Действия оператора ГЭУ

1. Вышел из строя ГЦН. Пустить дизель № 1 в режиме насоса забортной воды. Открыть клапан К-3, подать охлаждающую воду на СВО ТГ-1.

2. Вышел из строя ГНЦ и дизель № 2. Пустить дизель № 1 в режиме

насоса забортной воды. Открыть клапан К-6, подать охлаждающую воду на СВО ТГ-2.

3. Вышли из строя навешенный насос охлаждения дизеля № 2 и ГЦН. Пустить дизель № 1 в режиме насоса забортной воды. Открыть клапаны К-1, К-4 и К-6, подать охлаждающую воду от дизеля № 1.

Действия оператора ЭЭС

1. Вышел из строя ДОП-2, автоматически не сработало ЗУК-2. Замкнуть автомат А2, подать питание на ЩПТ-2 от ЩПТ-1.

2. Вышел из строя ЩПТ-2. Замкнуть автомат А5. Подать питание постоянного тока на САУ от ЩПТ-1.

Действия вахтенного группы КИПиА

1. Вышла из строя САУ. Управлять топливным насосом с местного поста вручную по команде с пульта ГЭУ.

2. Вышла из строя САУ. Управлять котлом с местного поста вручную по команде с пульта ГЭУ.

3. Вышла из строя САУ. Управлять ПТЗА левого борта и навешенным ТГ-2 с местного поста вручную по командам с пульта ГЭУ.

Сведения о перегрузках

Перегрузка № 1. Дизель № 1 на 0,3%. С него запитываются: ПТЗА правого борта с навешенным ТГ-1 — 200 л/мин; ПТЗА левого борта с навешенным ТГ-2 — 200 л/мин; дизель № 1 — 500 л/мин; дизель № 2 — 250 л/мин.

Перегрузка № 2. ЩПТ-1 на 36%. С него запитываются: ЩПТ-2 — 55 А; топливный насос № 2 — 10 А; система автоматического управления — 10 А.

Возможности движительного комплекса корабля

Ограничений по использованию ГЭУ нет.

Возможности по запасам топлива

Можно эксплуатировать ГЭУ без ограничений по мощности и ходу.

Поскольку такое решение выработывалось единым алгоритмом по единой граф-модели ТС, то, следовательно, все конкретные рекомендации для каждого из операторов в отдельности будут скоординированы между собой.

В связи с тем, что операторы, управляющие процессом БЗЖ технических средств в сложной ТС, не-

сут ответственность за свои действия, получая указания на производство оперативных переключений от алгоритма «Энергия», они должны знать, каково будет общее техническое состояние ТС, которыми они управляют. В противном случае операторы будут вынуждены либо принимать рекомендуемые им советы на веру («в темную»), либо необоснованно отказываться от них, что в любом случае увеличивает риск. Поэтому алгоритм должен также выдавать и краткое описание того общего состояния всей сложной ТС, в которой она может попасть при условии, что все операторы полностью выполнят рекомендуемые переключения.

Для выработки такой информации алгоритм «Энергия», после окончания обработки векторов аварий всех поколений, анализирует состояние («1» — в строю, «0» — вышел из строя) каждого элемента ТС, учтенного в его граф-модели как вершина. В результате этого

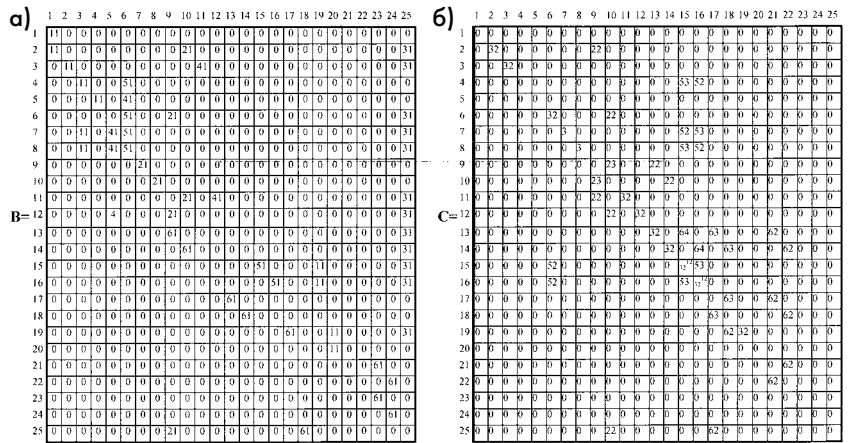


Рис. 4. Матрица фактических (а) и резервных (б) связей

анализа образуется определенная комбинация из нулей и единиц. Каждая такая комбинация, свидетельствующая о каком-то общем состоянии всей ТС в целом, заранее в таблице истинности снабжена краткой текстовой информацией о ней. Алгоритм сравнивает образовавшуюся комбинацию с учтенными в таблице истинности, находит аналогичную и выдает на экраны дисплеев операторов текстовое сообщение, соответствующее совпавшей комбинации. Это сообщение является прогнозом того будущего общего состояния сложной ТС, в которое она может попасть при условии, что все операторы полностью выполнят предложенные им рекомендации на оперативные переключения.

чную и выдает на экраны дисплеев операторов текстовое сообщение, соответствующее совпавшей комбинации. Это сообщение является прогнозом того будущего общего состояния сложной ТС, в которое она может попасть при условии, что все операторы полностью выполнят предложенные им рекомендации на оперативные переключения.

СПАСЕМ КРЕЙСЕР!

(Из «Обращения к органам государственной власти, органам местного самоуправления, к средствам массовой информации, к военным морякам и морским собраниям, всем гражданам России»)

... В истории нашего Отечества, даже в более тяжелые времена, народ всегда помогал своему флоту. Только в нынешнем столетии на добровольные пожертвования было построено более 60 кораблей разных классов.

В целях сохранения тяжелого атомного ракетного крейсера «Адмирал Ушаков» в боевом составе Военно-Морского Флота, в соответствии с постановлением Государственной Думы Российской Федерации № 3492-11 ГД от 13 января 1999 г., был учрежден благотворительный фонд по восстановлению и модернизации крейсера «Адмирал Ушаков».

Для обеспечения сбора пожертвований и их перечисления на нужды по ремонту и на модернизацию тяжелого атомного крейсера «Адмирал Ушаков» Сбербанком России даны указания всем своим территориальным банкам и филиалам принимать благотворительные взносы без взимания комиссионного сбора с плательщика и перечислять их на специальный счет. Расчетный счет для перечисления благотворительных средств и добровольных пожертвований:

Р/с 40703810738090105704 в Мещанском отделении № 7811 МБ АК СБ РФ г. Москвы, к/с 30101810600000000342, БИК 044525342, ИНН 7715206891, ОКПО 51030474, ОКОНХ 96190. Получатель: благотворительный фонд по восстановлению и модернизации крейсера «Адмирал Ушаков».

Мы считаем, что сохранить сегодня имя Адмирал Ушаков на борту военного корабля — это значит сохранить символ и гордость России, ее морскую традицию, сохранить честь и славу русского оружия на море.

Мы обращаемся ко всем, кому небезразлична слава России, ее история, настоящее и будущее, с призывом и просьбой оказать всяческое содействие в сборе средств на ремонт и сохранение в составе боевых сил Военно-Морского Флота тяжелого атомного крейсера «Адмирал Ушаков».

Убеждены, что общими усилиями мы сможем сохранить и модернизировать крейсер «Адмирал Ушаков». Это станет нашим общим вкладом во славу России и ее Военно-Морского Флота.

В. И. Куроедов,

главнокомандующий Военно-Морским Флотом РФ, адмирал флота

В. Н. Лопатин,

председатель правления благотворительного фонда по восстановлению и модернизации крейсера «Адмирал Ушаков», депутат Государственной Думы

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ТИРИСТОРНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ

В. М. Приходько, канд. техн. наук (СПбГУВК)

УДК 629.12.066:621.314.26:621.3.048

Увлажнение изоляции обмоток является одной из главных причин аварийности судового электрооборудования. При эксплуатации во влажной среде может возникнуть значительный ток утечки по поверхности изоляции электрооборудования. Переувлажнение изоляции вызывает резкое возрастание проводимости и приводит к ее пробое. В связи с этим весьма актуальна разработка эффективных методов и технических средств для профилактической сушки изоляции. Наиболее эффективно для этого пропускать электрический ток через обмотки статора, управляя его величиной с помощью мощных силовых тиристорov и симисторов [1].

Прочность изоляции судовых электрических машин после их ремонта и сушки изоляции проверяется в электроцехах судостроительно-судоремонтных предприятий, а крупногабаритных электрических машин (гребные электродвигатели, главные генераторы и др.) — в судовых условиях.

Для управления технологическим процессом сушки изоляции обмоток судового электрооборудования, обнаружения скрытых мест повреждения изоляции и дефектации асинхронных двигателей, определения дефектной изоляции и диагностики ее пробоя в кабельных коммуникациях и воздушных линиях электропередачи целесообразно использовать тиристорные преобразователи (ТП) с перестраиваемой структурой силового блока, снабженные регулируемыми выходами постоянного и переменного (однофазного) токов [1, 2]. Опытный образец такого переносного универсального ТП с перестраиваемой структурой силового вентильного блока разработан и всесторонне испытан в условиях эксплуатации на теплоходе «Михаил Ломоносов». Его габариты 440 x 310 x 210 мм, масса не более 20 кг.

ТП состоит из тиристорно-диодного регулятора на силовых тиристорах $VS1$, $VS2$ и диодах $VD1$, $VD2$, системы управления мощными тиристорами, приборов контроля и элементов сигнализации (рис. 1). На вход ТП подается от судовой однофазной электрической сети переменного тока напряжение питания $U_{вх}$ величиной 220 или 380 В при частоте 50 Гц. Оперативно перестраиваемая структура силовой схемы представляет собой универсальный управляемый модуль, который может работать в режимах переменного и постоянного тока при реализации необходимо-

го способа испытаний (или сушки) изоляции судовых электрических машин, трансформаторов, берегового электрооборудования, распределительных сетей, воздушных линий электропередачи и кабельных коммуникаций. Силовая переключательная часть режима работы изменяет структуру силовой части ТП (рис. 2). Работа ТП в режиме регулятора переменного или выпрямленного напряжения определяется схемой подключения нагрузки $R_{н1}$, $R_{н2}$ к выходным зажимам преобразователя. Для получения регулируемого переменного напряжения устанавливается сменная переключательная между зажимами 3—4, (подключается нагрузка $R_{н1}$), а для создания регулируемого выпрямленного напряжения — переключательная между зажимами 1—2 (подключается нагрузка $R_{н2}$). При работе на переменном выходном напряжении мощные тиристоры $VS1$ и $VS2$ соединены последовательно с силовыми диодами $VD2$ и $VD1$, соответственно. Две полученные таким образом ветви включены встречно-параллельно (см. рис. 2). Переменный ток на выходе ТП поступает через демпфирующий резистор (или дроссель) на первичную сторону испытательно-прожигающего трансформатора установки для определения дефектной изоляции различных объектов испытаний и отыскания места скрытого дефекта [3]. Параметры силового вентильного модуля ТП позволяют обеспечить по способу переменного тока [4] сушку и восстановление сопротивления изоляции увлажненных статорных обмоток нескольких параллельно включенных маломощных асинхронных двигателей ($M1—Mn$) на штатном месте установки без демонтажа с судов с соединением их обмоток статоров последовательно, звездой или треугольником.

При работе с постоянным выходным напряжением тиристоры $VS1$ и $VS2$ и диоды $VD1$, $VD2$ образуют управляемый мост (см. рис. 2), с диагонали которого выпрямленное напряжение подается на нагрузку постоянного тока $R_{н2}$ для прогрева, подсушки и сушки активной части силовых трехфазных трансформаторов различного назначения.

При увеличении угла открытия тиристорov $VS1$, $VS2$ (уменьшении угла проводимости) выходное переменное (или выпрямленное) напряжение ТП и ток прожигания (сушки) изоляции кабеля понижаются. Наоборот, при увеличении угла проводимости ти-

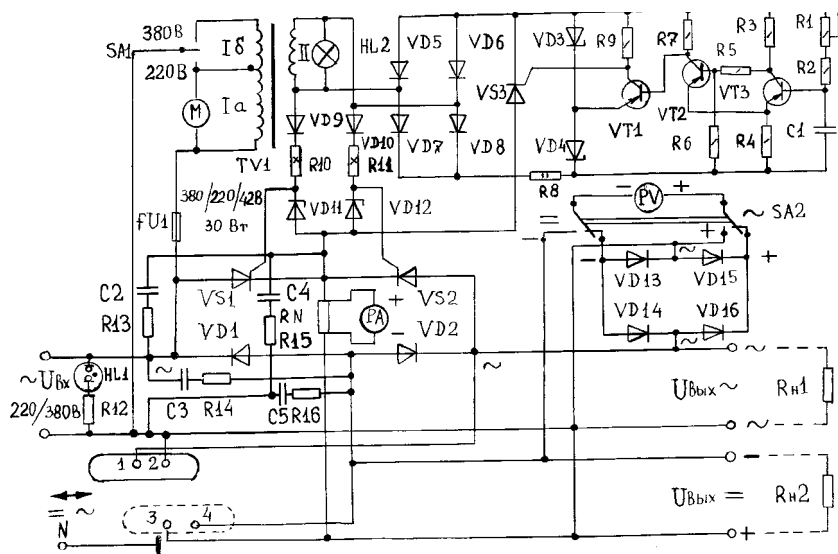


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема энергосберегающего универсального тиристорного преобразователя с перестраиваемой структурой

ристоров VS1 и VS2 выходное переменное (или выпрямленное) напряжение повышается, что приводит к увеличению тока прожигания (сушки).

Разработанный универсальный ТП отличается от известных стационарных преобразователей простой и надежной схемой управления мощными силовыми тиристорами VS1, VS2, реализованной по фазоимпульсному методу с использованием освоенных отечественной промышленностью элементов радиоэлектроники.

Управление силовыми тиристорами VS1, VS2 осуществляется с помощью маломощного тиристора VS3, включенного последовательно с мостовым выпрямителем VD5—VD8. Управляющее устройство, схема которого приведена на рис. 1, позволяет расширить диапазон регулирования до 180°, а включение тиристора VS3 в диагональ выпрямительного моста VD5—VD8 — регулировать напряжение через управляющие переходы силовых тиристоров VS1, VS2 (на нагрузке) в течение обоих полупериодов напряжения сети. В управляющем устройстве универсального ТП реализована одна из разновидностей фазоимпульсного способа управления тиристором VS3 — так называемое интегральное управление. Оно заключается в том, что на входе генератора импульсов происходит сравнение (рис. 3) постоянного напряжения 1 и переменного напряжения 2. В мо-

мент равенства этих напряжений генерируется импульс 3 управления тиристором VS3. Переменное напряжение имеет пилообразную форму. Изменение момента возникновения управляющего импульса, т. е. сдвиг его фазы, производится в управляющем устройстве изменением скорости нарастания переменного напряжения 2а.

Управляющее устройство (см. рис. 1) включает в себя генератор пилообразного напряжения, триггер Шмита VT2, VT3 и выходной ключевой усилитель VT1.

В ЦЭС РЭУ «Дальэнерго» накоплен опыт продолжительной экс-

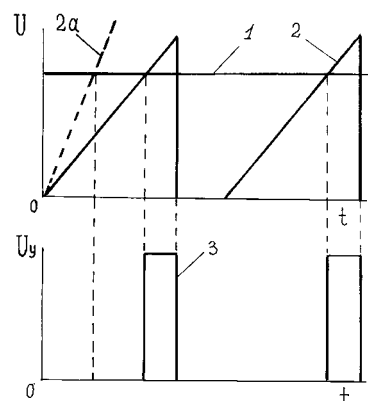


Рис. 3. Графики формирования импульсов при интегральном управлении универсальным тиристорным преобразователем: 1, 2 — импульсы постоянного и переменного напряжений соответственно; 3 — импульс управления тиристором

плуатации подобного универсального ТП, подтверждающий его высокую эффективность. Применение ТП позволило оптимизировать регулирование тока прожигания и обеспечить экономию электроэнергии [3, 5] при комплексных испытаниях электротехнических систем «берег—судно».

Внедрение разработанной методологии сушки, испытаний и диагностики изоляции судового электрооборудования с помощью переносного универсального ТП позволяет эффективно проводить комплекс этих работ при монтаже, эксплуатации и после ремонта на судне, а также в заводских условиях.

Литература

1. Приходько В. Переносной регулируемый симисторный преобразователь//Речной транспорт. 1995. № 1.
2. Приходько А. М., Приходько В. М. Тиристорные преобразователи с перестраиваемой структурой//Энергетика и электрификация. 1991. № 3.
3. Приходько В. М., Кравченко В. И., Приходько А. М. Регулятор напряжения для устройства диагностики пробоя изоляции в линиях электропередачи//Энергетик. 1992. № 1.
4. Приходько В. М. Методика токовой сушки и восстановления сопротивления изоляции асинхронных двигателей на судах//Морской инженерный сервис. 1991. № 2.
5. Приходько В. М., Кравченко В. И., Приходько А. М. Мобильная установка для комплексных испытаний и диагностики изоляции//Промышленная энергетика. 1995. № 10.
6. Приходько А. М., Приходько В. М., Кравченко В. И. Универсальный тиристорный регулятор для прогрева трансформаторов//Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1990. № 3.

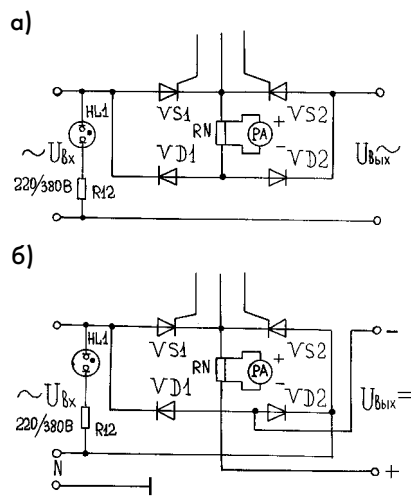


Рис. 2. Перестраиваемые структуры силового вентильного модуля универсального ТП для режима переменного (а) и постоянного (б) токов

ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ ТРАНЗИСТОРОВ IGBT В СОСТАВНЫХ ТРАНЗИСТОРНЫХ КЛЮЧАХ

А. В. Агунов канд. техн. наук, Б. Ф. Дмитриев, канд. техн. наук, В. Г. Красавчиков (СПбГМТУ)

УДК 621.382.3

Известно, что при проектировании силовых транзисторных преобразователей, которые используются в судовых электроэнергетических системах, оптимальный выбор их элементов должен обеспечивать не только высокую надежность, но и максимальную эффективность реализации и эксплуатации устройства [1]. Как правило, при оценке стоимости различных устройств сравнивают удельную стоимость преобразователя на один ампер при прочих рав-

ной конструкции дискретного корпуса.

Максимальные токи серийно выпускаемых модулей на базе биполярных транзисторов с изолированным затвором IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) достигают значений 1,5—1,8 кА [2]. При проектировании транзисторных ключей, рассчитанных на большие токи, необходимо рассматривать вопрос параллельного включения и параллельной работы IGBT-модулей.

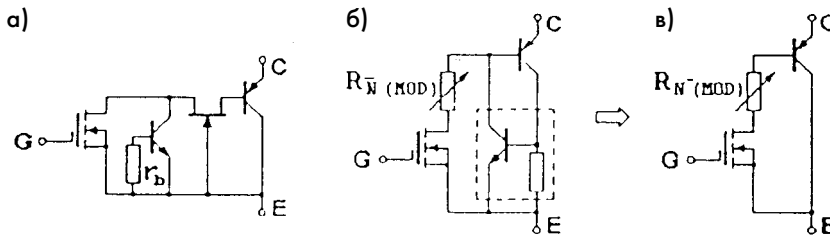


Рис. 1. Эквивалентные схемы транзисторов IGBT: а — компании International Rectifier и Semicron; б — компаний Toshiba и Mitsubishi; в — упрощенная схема — комбинация схем а и б

ных условиях, поэтому актуальным является вопрос снижения стоимости силовых электронных компонентов, составляющих основную часть стоимости комплектующих устройств. При изготовлении крупной партии преобразователей применение составных транзисторных ключей может оказаться более выгодным, чем применение транзисторных модулей, ориентированных на высокие токи. Составной транзисторный ключ наиболее эффективен для устройств, предназначенных для конкретного применения, где можно определить рабочий и максимальный токи с точностью до единиц ампер. Возможность снижения стоимости электронных элементов заложена в меньшей удельной стоимости одного ампера дискретного транзистора по отношению к транзисторному модулю, стоимость которого может достигать 150% стоимости эквивалентного количества дискретных приборов. Меньшая удельная стоимость дискретного транзистора определяется в основном гораздо большими объемами производства и просто-

Характеристики современных транзисторов IGBT дают возможность их параллельного включения при коммутации напряжения свыше 1000 В без использования выравнивающих цепей. Дискретные транзисторы IGBT на максимальный рабочий ток до 15 А выпускаются в корпусе TO-220, на ток до 30 А — в корпусе TO-247. Дискретные транзисторы IGBT могут выпускаться как без обратного диода, так и со встроенным об-

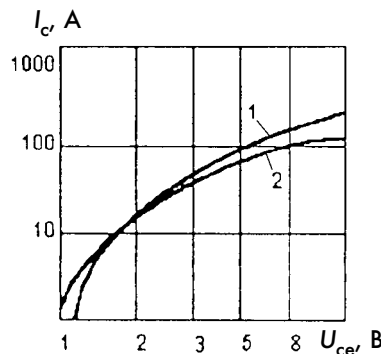


Рис. 2. Выходные характеристики транзистора IGBT типа IRGPH50MD2 при температурах кристалла 25 °С (1) и 150 °С (2)

ратным диодом в одном корпусе с транзистором, что дает разработчику возможность выбора при разработке транзисторного ключа.

Транзисторные силовые модули являются наиболее предпочтительными, но они, как правило, имеют шаг изменения максимального рабочего тока, равный 25 А, что не позволяет эффективно использовать их при промежуточных значениях рабочего тока. Таким образом, модуль, выбранный с запасом, работает с недогрузкой, существенно увеличивая удельную стоимость устройства. Применение составного транзисторного ключа имеет большие издержки, связанные с проектированием и производством устройства, однако они снижаются при больших объемах производства.

Но и при выпуске малой партии применение составного транзисторного ключа оказывается также выгодным в связи с существенным снижением цены большего количества дискретных транзисторов по сравнению с транзисторными силовыми модулями. Кроме того, при выходе из строя ремонт составного транзисторного ключа значительно дешевле замены силового модуля. В случае принятия решения о проектировании составного ключа, состоящего из параллельно соединенных дискретных транзисторов IGBT, разработчику необходимо знать параметры одиночного транзистора.

Кристалл транзистора IGBT является результатом комбинации МОП и биполярной технологий. Особенности технологий изготовления транзисторов IGBT различными фирмами находят свое отражение в эквивалентных схемах (рис. 1, а, б) [3]. В транзисторах фирм International Rectifier и Semicron силовой p-n-транзистор управляется от сравнительно низковольтного МОП с индуцированным каналом через высоковольтный n-канальный полевой транзистор. При этом структура содержит паразитный n-p-n-транзистор, который при определенных условиях не влияет на работу транзистора IGBT. Эквивалентные схемы, показанные на рис. 1, а, б, могут быть представлены в виде упрощенной эквивалентной схемы транзистора IGBT (см. рис. 1, в), которая соответствует условиям работы в пределах нормированных величин плотности тока, и температуры перехода [3].

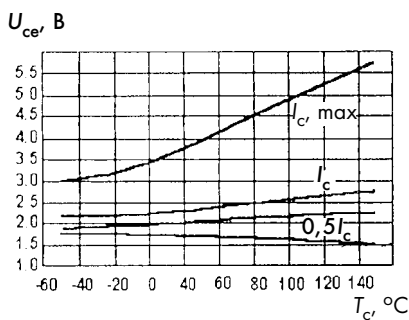


Рис. 3. Зависимость падения напряжения U_{ce} от температуры кристалла T_c при различных значениях тока коллектора I_c для транзистора IGBT типа IRGPH50MD2

Из приведенных эквивалентных схем видно, что p - n - p -транзистор не может находиться в насыщенном состоянии. Падение напряжения в открытом состоянии U_{ce} представляет собой сумму падения напряжения на p - n -переходе p - n -транзистора и падения напряжения на управляющем МОП-транзисторе, характеристика которого является такой же, как у любого другого низковольтного транзистора.

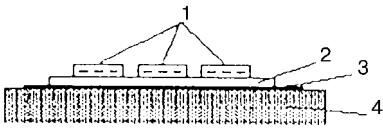


Рис. 4. Конструктивное исполнение параллельного соединения транзисторов IGBT:
1 — силовые транзисторы; 2 — общий теплоотвод; 3 — изоляционная прокладка; 4 — основной радиатор

На рис. 2 показаны характеристики соответствия напряжения U_{ce} и тока I_c IGBT-транзистора типа IRGPH50MD2 (International Rectifier) при температурах кристалла 25°C и 150°C . Зависимость падения напряжения U_{ce} от температуры кристалла транзистора при различных значениях тока I_c типа IRGPH50MD2 показана на рис. 3.

Данный вид характеристик соответствует транзисторам IGBT, оптимизированным для средних рабочих частот (1—10 кГц). Характеристики, приведенные на рис. 3, показывают, что при малых токах коллектора (менее $0,5I_c$, где I_c — максимальный длительный ток коллектора при температуре корпуса $T_c = 90^\circ\text{C}$, $I_{c, max}$ — максимальный импульсный ток коллектора) с увеличением температуры кристалла падение напряжения U_{ce} уменьшает-

ся, как и у биполярного транзистора. При больших токах с увеличением температуры существенно увеличивается U_{ce} , как у МОП-транзистора. Таким образом, у транзисторов IGBT температурная обратная связь имеет как положительную, так и отрицательную составляющую.

При параллельном соединении двух транзисторов IGBT оба они имеют одинаковое падение напряжения, но транзистор, проводящий больший ток, имеет большую температуру кристалла, которая не должна превышать 150°C . Как видно из рис. 3, температура оказывает сильное влияние на характеристики проводимости транзистора IGBT. Выравнивание температуры кристаллов — основное условие выравнивания характеристик проводимости параллельно соединенных транзисторов, достигаемое установкой их на общий теплоотвод.

Общий теплоотвод, отделенный изоляционной прокладкой от основного радиатора, одновременно является несущей конструкцией транзисторов (рис. 4) и обеспечивает тепловое сопротивление R_{j-i} между переходами параллельно соединенных транзисторов в пределах $2^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

Характеристика проводимости транзистора IGBT оказывает положительное влияние на выравнивание статических токов при токе, большем $0,5I_c$ (см. рис. 2, 3). Падение напряжения U_{ce} у двух дискретных транзисторов в открытом состоянии может отличаться на величину до 1 В при прочих равных условиях. Это приводит к тому, что при большом разбросе U_{ce} крутизна естественной характеристики проводимости оказывается недостаточной для того, чтобы скомпенсировать разбаланс токов параллельно соединенных транзисторов до приемлемого уровня. В наихудшем случае разброса значений U_{ce} транзисторы составного ключа могут быть использованы лишь на 50—75% по току I_c и то при условии установки их на общий теплоотвод.

Для повышения эффективности устройства и снижения его удельной стоимости загрузку транзисторов составного ключа можно существенно увеличить, практически до значения I_c . Однако в этом случае необходимо осуществлять подбор дискретных транзисторов. При параллельном со-

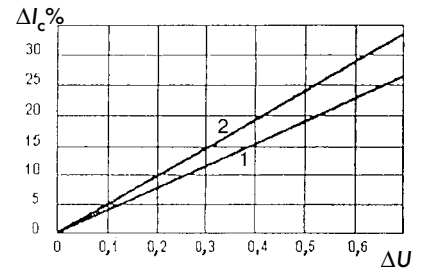


Рис. 5. Зависимость разбаланса токов ΔI_c двух параллельно соединенных транзисторов IGBT типа IRGPC50F от разницы падений напряжений ΔU_{ce} для общего (1) и раздельного (2) теплоотводов

единении и ключевом режиме работы транзисторы должны иметь минимально допустимый разброс параметров, определяющих их частотные характеристики.

На рис. 5 показана зависимость величины разбаланса токов ΔI_c двух параллельно соединенных транзисторов IGBT типа IRGPC50F от разницы напряжений ΔU_{ce} , измеренной в «диодном» режиме (рис. 6).

Из рис. 7 видно, что на малых токах разбаланс ΔI_c может достигать 100%.

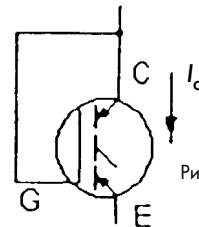


Рис. 6. Схема включения транзистора IGBT в «диодном» режиме

Корпуса TO-220 и TO-24 транзисторов IGBT предназначены для печатного монтажа. Максимальный длительный ток, допустимый для печатных проводников транзистора в корпусе TO-247, как правило, составляет 20—30 А, что является естественным ограничением максимального количества параллельно соединяемых транзисторов.

Для устранения возможного взаимовлияния транзисторов по цепям управления необходимо обеспечить развязку затворов параллельно соединенных транзисторов резисторами с сопротивлениями не менее 10 Ом. Схема управления составным ключом должна представлять собой стабилизированный источник напряжения с малым внутренним сопротивлением.

Выводы. 1. При построении составных силовых транзисторных ключей

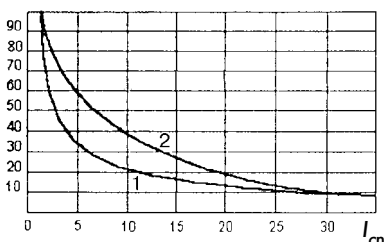


Рис. 7. Зависимость разбаланса токов ΔI_c двух параллельно соединенных транзисторов IGBT типа IRGPC50F от тока коллектора I_c при постоянной разнице падений напряжения $\Delta U_{ce} = const$ для общего (1) и раздельного (2) теплоотводов

чей на дискретных транзисторах IGBT, рассчитанных для коммутации напряжений свыше 300 В, при работе на индуктивную нагрузку возникает проблема выравнивания токов восстановления параллельно соединенных обратных диодов, которую можно решить, применив транзисторы IGBT без обратного диода в корпусе.

2. В качестве обратных диодов составного транзисторного ключа лучше использовать отдельные диоды с малым временем восстановления.

3. Применение транзисторов и диодов в отдельных корпусах пред-

почтительнее еще и потому, что они имеют в 1,5 раза большую мощность рассеяния по сравнению с аналогичными полупроводниковыми элементами, расположенными в одном корпусе.

Литература

1. Розанов Ю. К., Флоренцев С. Н. Электропривод и силовая электроника // Электротехника. 1997. № 11.
 2. Лизец М., Поташников М. Ю. Новое в активной элементной базе для силовой электроники фирмы «SIEMENS AG» // Электротехника. 1998. № 3.
 3. IGBT Designer's Manual. International Rectifier Catalogue. Part 3. 1995.

ВЫСТАВКИ И КОНФЕРЕНЦИИ В 2000 ГОДУ

TOC Asia 2000

Дубай, ОАЭ, 7—9.03.2000, <http://www.toc-iirx.com>

Corrosion 2000, NACE's 55th Annual Conference and Exhibition

Орландо, США, 26—31.03.2000, <http://www.nace.org>

Communication & IT in Shipping

Лондон, Великобритания, 29—30.03.2000, <http://www.ibt-uk.com/lm1195>

Baltic Ports Organization's environmental conference

Гданьск, Польша, 30—31.03.2000, <http://www.portgdansk.pl>

COMPIT 2000. 1st Int. Conf. on Computer and IT Applications in the Maritime Industries

Потсдам, Берлин, ФРГ, 30.03—2.04.2000, <http://www.schiffbau.uni-hamburg.de/compit>

MARILOG, business convention for maritime logistic

Гамбург, ФРГ, 5—7.04.2000, <http://www.marilog.de>

Shipping Eurasia 2000

Стамбул, Турция, 6—9.04.2000, <http://www.fgsfair.net>

Одесса Бот-Шоу 2000

Одесса, Украина, 20—23.04.2000, <http://www.sudohodstvo.com>

4th International Forum on Aluminium Ships

Новый Орлеан, США, 10—11.05.2000, <http://www.quantico.uk>

Транс Россия 2000

Москва, Россия, 16—19.05.2000, <http://www.ite-exhibitions.com/trans>

ТРАНСТЕК 2000

Санкт-Петербург, Россия, 23—26.05.2000, <http://www.setcorp.ru>

Nemus 2000

Пловдив, Болгария, 30.05—3.06.2000, <http://www.binetwork.com>

Expo am Meer

Вильгельмсхафен, ФРГ, 1.06—31.10.2000, <http://www.expo-am-meer.de>

Posidonia-2000

Пирей, Греция, 5—9.06.2000, <http://www.setcorp.ru>

Seawork 2000

Саутгемптон, Великобритания, 20—22.06.2000, <http://www.seaworkexhibition.com>

Инрыбпром-2000

Санкт-Петербург, Россия, 21—25.06.2000, <http://www.setcorp.ru>

Bremerhaven Sail

Бремерхафен, ФРГ, 31.08—3.09.2000, <http://www.sail.de>

Baltexpo 2000

Гданьск, Польша, 5—8.09.2000, <http://www.agpol.com.pl>

SMM-2000, Shipbuilding, Machinery & Marine

Гамбург, ФРГ, 26—30.09.2000, <http://www.smm-hamburg.de>

Одесса 2000

Одесса, Украина, 17—20.10.2000, <http://www.sudohodstvo.com>

Euronaval 2000

Париж, Франция, 23—27.10.2000, <http://www.euronaval.tm.fr>

Hanseboot

Гамбург, ФРГ, 28.10—5.11.2000, <http://www.hamburg-messe.de>

Gastech 2000

Хьюстон, США, 14—17.11.2000, <http://www.gasandoil.com/gastech>

Подписка на журнал «СУДОСТРОЕНИЕ»

Подписка на журнал «Судостроение» в России и СНГ может быть оформлена в почтовых отделениях.

Журнал включен в каталог «Газеты, журналы» агентства «Роспечать». Его индекс — 70890.

Журналы также можно заказать непосредственно в редакции (в том числе прошлые выпуски), прислав копию платежного поручения или почтового перевода.

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

РЕКВИЗИТЫ ДЛЯ ОПЛАТЫ:

Получатель — ЦНИИТС (198095, Санкт-Петербург, ул. Промышленная, дом 7. Тел. 812-1862650) — для журнала «Судостроение».

Банк: филиал Банка Внешней Торговли в Санкт-Петербурге (190000, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, д. 29), БИК 044030733, к/с 30101810200000000733, р/с рублевый 40502810500000000024. ИНН 7805028153. Код ОКОНХ 95120.

Код ОКПО 07502259.

FOREIGN SUBSCRIPTIONS are accomplished at ZAO «MK-Periodika»: Russia, 117049, Moscow, ul. Bolchaya Jakimanka, 39. Tel.: (095) 238-49-67. Fax: (095) 238-46-34. E-mail: info@mkniga.msk.su.

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛАЗЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СУДОСТРОЕНИИ

В. Д. Горбач, канд. техн. наук, О. Г. Соколов, докт. техн. наук,
В. М. Левшаков, В. Л. Чабан, А. А. Васильев, канд. техн. наук,
(ГНЦ ЦНИИТС), А. Г. Игнатов (АОЗТ «Лазер информ сервис»)

УДК 621.791.947.25:629.5.024

В мировом судостроении в 90-е годы активно внедряются новые процессы и принципы организации производства, направленные на резкое сокращение трудоемкости при обеспечении высокого качества изделий. Достижения в области лазерных технологий позволяют говорить о наступающей научно-технической революции на верфях.

Судостроение явилось одной из первых отраслей промышленности, проявивших интерес к лазерной технологии. В конце 80-х — начале 90-х годов в Николаевском филиале ЦНИИТС были изготовлены и внедрены на ряде предприятий отрасли машины с ЧПУ для лазерного раскроя листового проката типа «Лазурит-2,5», оснащенные газовым лазером с активной средой из смеси углекислого газа с азотом и гелием (СО₂-лазером) мощностью 1,2 кВт. Параллельно в ЦНИИТМ «Прометей» совместно с НИИЭФА им. Д. В. Ефремова был выполнен комплекс фундаментальных исследований по разработке технологии лазерной сварки сталей [1]. Однако широкого распространения в отечественном судостроении в те годы лазерные технологии не получили, прежде всего из-за отсутствия на рынке промышленных образцов лазеров необходимой мощности (не менее 2 кВт для резки деталей корпусов судов

и 15 кВт для сварки корпусных конструкций), отличающихся надежностью работы в типичных для судокорпусостроения тяжелых производственных условиях.

В настоящее время ситуация на рынке лазерных технологий принципиально изменилась. Ведущие фирмы-производители лазерного оборудования освоили промышленный выпуск технологических лазеров большой мощности, например, Trumpf (Германия) — до 20 кВт, Rofin-Sinar (Германия) — до 8 кВт. Увеличился объем продаж лазерных технологических систем, причем наибольшую долю среди них составляют системы для резки и сварки на базе СО₂-лазеров (рис. 1 и 2) [2].

В 90-е годы был реализован ряд научно-исследовательских межгосударственных проектов, например входящий в программу «Eureka» пан-европейский проект, посвященный изучению возможностей использования лазерной сварки в судостроительной промышленности [3], и проект «Лазерная гибка в автоматизированном производстве» Агентства оборонных исследований США (Defence Advanced Research Program Agency), в котором приняли участие ведущие американские авиа- и судостроительные компании и исследовательские центры: Boeing Company, Massachusetts Institute of Technology,

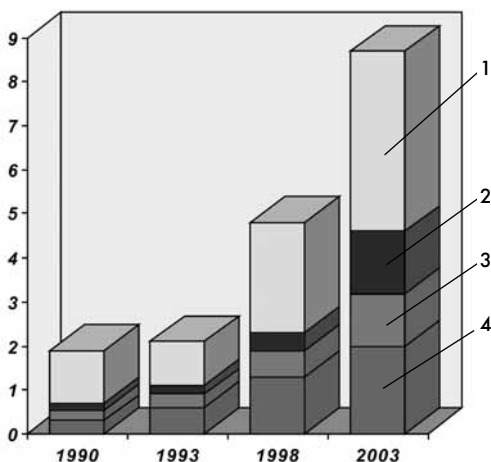


Рис. 1. Структура мирового рынка лазерных систем для обработки металлов, млн нем. марок:
1 — СО₂, резка и сварка; 2 — YAG, резка и сварка; 3 — маркировка; 4 — микрообработка

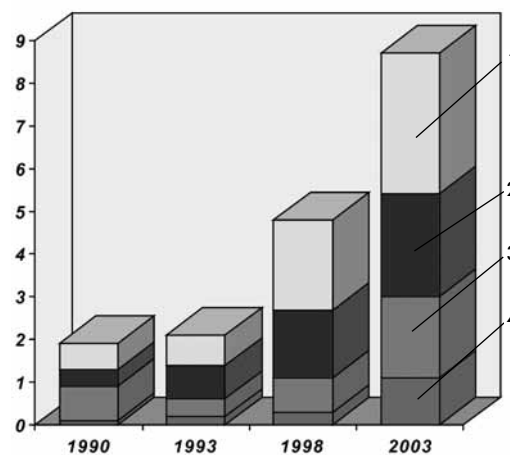


Рис. 2. Географическое распределение мирового рынка технологических лазеров, млн нем. марок:
1 — Западная Европа; 2 — Северная Америка; 3 — Япония; 4 — Юго-Восточная Азия и др.

Таблица 1

Машины портального типа с ЧПУ для лазерного раскроя листов, которые могут использоваться в судокорпусном производстве

Модель, изготовитель	Наибольшая скорость перемещения, м/мин	Наибольшая ширина листов, м	Наибольшая длина листов, м	Точность вырезки деталей, мм	Тип лазера	Мощность лазера, кВт	Наибольшая толщина вырезаемых деталей, мм		
							Низколегированная сталь	Коррозионно-стойкая сталь	Алюминиевые сплавы
«ALPHAREX AXB» ESAB	25	5	30	±0,3	TLF turbo 2200*	2,2	15	5	4
					TLF turbo 2600	2,6	20	10	6
					TLF turbo	3,0	24	12	10
«LASERMAT» Messer Griesheim	60	3000 4	30	±0,3	C 2000**	2,0	17	8	8
					C 3000 C 6000 ЛТБ-1М	3,0 6,0 1,2	25 28 8	12 25 6	12 22 5
«Лазурит-2,5» ОАО «Завод "Кристалл"»	10	2,5	12	±1,0					

Изготовитель лазера: * фирма Trumpf; ** фирма Messer Griesheim.

Native American Technologies Company, Newport News Shipbuilding Company и Pennsylvania State University [4]. В результате была показана перспективность новых технологий и созданы образцы лазерных технологических комплексов, предназначенных для решения характерных для судостроения задач.

В современном судостроении качество изготовления является ключевым фактором достижения конкурентоспособности. В наибольшей степени сказываются неточности при изготовлении компонентов корпуса: двухмерные — при использовании традиционных методов резки; трехмерные — при сварке. По данным европейских судостроителей исправление дефектов корпуса занимает до 30% трудоемкости постройки корпуса. Исследования, проведенные на японских верфях, показывают еще большие цифры — от 40 до 50% объемов работ по корпусу на построечном месте связаны с устранением дефектов конструкций предыдущих стадий технологического процесса.

Применение лазерной техники — путь к решению проблемы повышения качества корпуса. Для лазерной резки листовых деталей корпусов судов могут быть использованы машины портального типа с ЧПУ, выпускаемые фирмами Messer Griesheim

(Германия) и ESAB (Швеция). Характеристики машин приведены в табл. 1.

Лазерная резка обладает рядом существенных преимуществ по сравнению с плазменной или кислородной, что видно из данных, приведенных в табл. 2. Это, прежде всего, высокая точность вырезки деталей при практическом отсутствии тепловых деформаций благодаря минимальной ширине реза, отсутствие скоса кромок и минимальные газопылевые выбросы, легко удаляемые системой местного отсоса небольшой мощности.

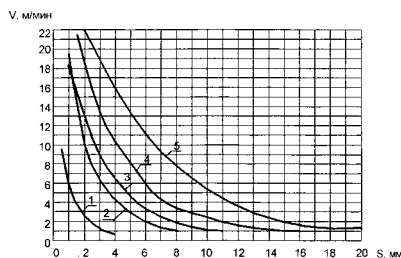


Рис. 3. Режимы лазерной сварки, рекомендуемые фирмой Trumpf:
1, 2, 3, 4, 5 — лазеры типа TLF 1500 — TLF 20000 turbo мощностью 1,5; 3, 6, 12 и 20 кВт соответственно

Основные закономерности лазерной резки описываются теорией Свифта Хука-Джика, дающей простое соотношение для баланса энер-

гии, используя которое можно ориентировочно определить параметры процесса [5]:

$$S V_p b (c \rho T_{пл} + L_{пл}) = \eta P,$$

где S — толщина разрезаемой детали; V_p — скорость резки; b — ширина реза; c — удельная теплоемкость металла; ρ — плотность металла; $T_{пл}$ — температура плавления; $L_{пл}$ — удельная энергия плавления металла; η — КПД процесса; P — суммарная мощность лазерного излучения и экзотермической реакции окисления.

Следует отметить, что процесс лазерной резки более дорогой, чем традиционные способы из-за более низкого КПД лазеров (не более 8—10%). Однако увеличение затрат на резку деталей окупается за счет исключения пригоночных работ при сборке конструкции. Маркировка и разметка деталей также может осуществляться с помощью лазера, что превращает машины в своего рода обрабатывающие центры.

Для улучшения качества и повышения скорости лазерной резки фирмой Rautaruukki (Финляндия) разработаны специальные «лазерные стали» марки «RAEX Laser». При их разработке учитывался тот факт, что лазерная резка стального листа затрудняется наличием на его поверхности ржавчины и окислы, а также шероховатостью поверхности, образующейся в результате прокатки и дробеметной очистки. Благодаря содержанию в сталях менее 0,04% кремния и 0,12% хрома, специальной термомеханической обработке, обеспечивающей отсутствие напряжений и уменьшение слоя окислы, а также нанесению летучего ингибитора коррозии, скорость лазерной резки стальных листов толщиной от 5 до 20 мм возрастает на 5—20%, отсутствует грат и получается гладкая поверхность реза [6].

Лазерная сварка корпусных конструкций в конце 90-х годов была внедрена на ряде верфей мира. С физической точки зрения процесс лазерной сварки характеризуется следующими явлениями: поглощением лазерного излучения поверхностным слоем металла; плавлением и нагревом поверхностного слоя расплава до температуры, близкой к температуре кипения; образованием парогазового канала за счет реактивной силы парового потока; плазмообра-

зованием при взаимодействии лазерного излучения с паром.

Наличие паров вещества при повышенной плотности мощности приводит к оптическому пробою и образованию плазмы вблизи поверхности металла, в результате чего лазерный пучок в плазменном сгустке поглощается и деформируется. При этом происходит существенное снижение эффективности процесса. Поэтому для технологического применения пригоден диапазон плотностей мощности 10^5 – 10^7 Вт/см², при котором на поверхности достигается температура кипения и устанавливается режим стационарного испарения. Плотность образующейся в этом случае плазмы недостаточна для полного экранирования излучения, поэтому значительная часть энергии луча поглощается материалом и уходит на его нагрев и испарение. Препятствовать развитию плазменного факела наиболее рационально можно периодическим отключением лазерного излучения, т. е. работой в импульсно-периодическом режиме. Поэтому для сварки целесообразно использовать технологические лазеры, конструкция которых предусматривает возможность работы в этом режиме.

Для практической оценки предельных параметров лазерной сварки с глубоким проплавлением удобна простая математическая модель [7]:

$$h_c = \frac{P_0 \eta_{эф}}{E d V_c (1 + b_p)}$$

где h_c — глубина проплавления, см; P_0 — средняя мощность лазерного излучения, Вт; $\eta_{эф}$ — эффективный КПД лазерной сварки; E — удельное теплосодержание металла шва, Дж/см³; d — диаметр лазерного луча, см; V_c — скорость сварки, см/с; b_p — ширина распространения расплавленной зоны в направлении, перпендикулярном плоскости шва.

Режимы лазерной сварки, рекомендуемые фирмой Trumpf, приведены на рис. 3.

Наиболее широко лазерная сварка используется при изготовлении сотовых конструкций [8], применение которых в палубах, выгородках и переборках приводит к качественному изменению характеристик судов и кораблей благодаря снижению массы конструкций на 30–40% и разме-

Таблица 2

Способы тепловой резки металлопроката на машинах с ЧПУ

Характеристика	Кислородная	Плазменная		Лазерная
		тонкоструйная в атмосфере	в воде	
Тип установки для резки (Messer Griesheim)	MG 200 K	HD 3070 (до 100 A)	H 401 (до 400 A)	C 3000 (3 кВт)
Толщина листов, мм	4–200	1–15	4–80	0,5–20
Ширина реза, мм	1,0–5,0	1,0–2,0	2,5–4	0,1–0,5
Точность резки, мм	±2,0	±1,0	±2,0	±0,3
Скорость резки конструкционной стали (м/мин) при толщине листа, мм				
4	0,7	3,8	5,0	3,5
8	0,6	2,5	3,2	2,0
12	0,55	1,8	2,5	1,3
20	0,5	—	1,6	0,8

щению в панелях магистральных коммуникаций. За счет автоматизации производства панелей снижается трудоемкость изготовления корпусных конструкций в два раза и более. На рис. 4 показаны образцы конструкции таких панелей, а на рис. 5 — схема процесса лазерной сварки панелей с «кинжальным проплавлением».

Основными преимуществами лазерной сварки, по сравнению с традиционной дуговой, являются более высокая скорость, высокое качество шва, минимальная зона термического влияния, минимальный рас-

ход присадочных материалов и практическое отсутствие тепловых деформаций. Деформации конструкций существенно сокращаются благодаря тому, что количество перенесенного тепла в 7–10 раз меньше, чем при дуговой сварке под флюсом, и в 2–4 раза — чем при дуговой сварке в среде инертных газов. Зависимость скорости лазерной и дуговой стыковой сварки конструк-

ционной стали от толщины деталей приведены на рис. 6 [9], из которого видно, что при толщине свариваемых деталей до 15 мм скорость лазерной сварки в несколько раз выше, чем традиционным способом.

Как показал технико-экономический анализ, результаты которого приведены в табл. 3, комплексное применение технологий резки и сварки в судокорпусостроении позволяет снизить суммарные затраты на постройку корпусов судов более чем в два раза и существенно сократить сроки постройки судов. На-

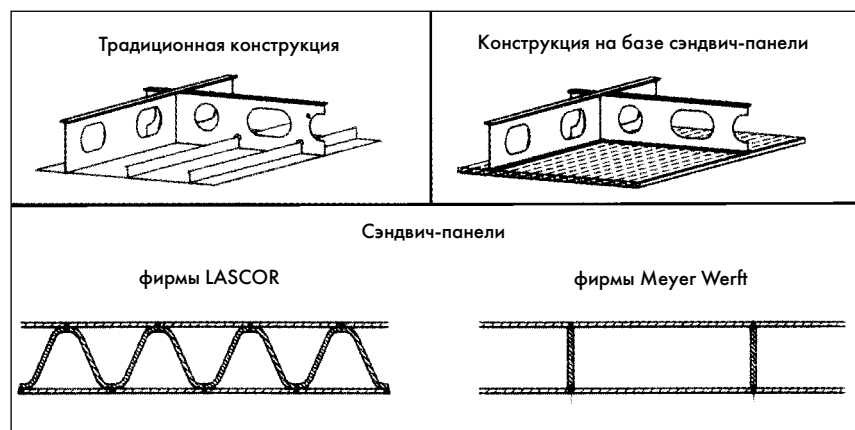


Рис. 4. Образцы конструкции сотовых панелей, применяемых в судостроении

ход присадочных материалов и практическое отсутствие тепловых деформаций. Деформации конструкций существенно сокращаются благодаря тому, что количество перенесенного тепла в 7–10 раз меньше, чем при дуговой сварке под флюсом, и в 2–4 раза — чем при дуговой сварке в среде инертных газов. Зависимость скорости лазерной и дуговой стыковой сварки конструк-

пример, за счет использования лазерных технологий сроки постройки корветов на верфи Vosper Thornycroft (Великобритания) были сокращены на целый год.

Увеличить толщину свариваемых деталей, повысить скорость сварки и улучшить качество шва позволяют новейшие технологии комбинированной лазерно-дуговой сварки [10]. С точки зрения разде-

Таблица 3

Технико-экономическое сравнение использования различных технологий резки и сварки в судокорпусостроении

Показатель	Технология		
	Плазменная	Плазменная тонкоструйная	Лазерная
Резка деталей			
Подготовка кромок под сварку	На специализированных машинах	С помощью плазменного поворотного блока на МТР	С помощью поворотной лазерной головки на МТР
Сварка корпусных конструкций	Дуговая	Плазменно-дуговая	Лазерная, лазерно-дуговая
ЗАТРАТЫ *, руб./м			
Вырезка деталей:			
оборудование	6,2	5,9	14,0
электроэнергия и расходные материалы	1,3	0,6	9,1
заработная плата	0,6	0,9	0,9
Обработка кромок деталей под сварку	6,5	2,3	0,8
Пригоночные работы при сборке	20,0	10,0	—
Сборка	53,5	48,0	28,5
Сварка:			
оборудование	10,2	5,9	20,3
электроэнергия и расходные материалы	56,9	27,3	11,2
заработная плата	10,6	2,5	1,5
Правка конструкций после сварки	42,0	9,6	—
Пригоночные работы на стапеле	18,0	6,9	0,7
Сборка на стапеле	24,0	19,5	15,0
Сварка на стапеле	27,0	22,5	19,5
Правка на стапеле	7,5	3,0	—
ВСЕГО	284,3	164,7	121,5

* Цены на январь 2000 г.

концентрация лазерного луча и стабильность процесса нагрева создали предпосылки для автоматизации процесса.

Технология лазерной сварки в настоящее время внедрена на трех ведущих верфях Европы: Odense (Дания) — на автоматизированном участке изготовления плоских секций; Meyer (Германия) — для изготовления сотовых панелей; Fincantieri (Италия) — для сварки стыковых швов.

Одна из наиболее совершенных лазерных установок применяется на верфи Odense. В ее разработке принимали участие пять предприятий и три научных учреждения [11]. Назначение установки — изготовление секций размерами 16 x 4 x 1 м. Лазерное оборудование размещено на подвижном портале, обеспечивающем 5 степеней свободы (3 линейных и 2 угловых). На портале, на индивидуальной демпфированной платформе, размещен СО₂-лазер мощностью 12 кВт. Точность позиционирования режущей головки по всем трем пространственным координатам — 0,05 мм. Все операции осуществляются на стационарном столе, оснащенный подвижной вентиляционной отсасывающей системой, которая связана с системой управления портала и обеспечивает вентиляцию при резке. Сварку и маркировку обслуживает традиционная отсасывающая система, размещенная на портале, на подвеске лазерной установки. Резка осуществляется с помощью режущей головки на базе оптических линз. Мощность луча понижается до 3,2 кВт. Толщина разрезаемых лис-

тения процессов лазерной и дуговой сварки по месту и времени можно выделить два перспективных варианта. В первом случае процессы разделены: лазерный луч используется для проварки корня шва, поверх которого производится дуговая сварка в среде защитного газа. Во втором варианте, называемом «гибридной сваркой», лазерный луч и дуга взаимодействуют в едином промежутке времени и единой зоне, дополняя друг друга. При этом недостатки одной технологии компенсируются другой, открывая новые технические и экономические перспективы применения их в судостроении.

Для реализации процесса лазерной сварки корпусных конструкций создаются роботизированные участки. Разработка управляющих программ для сварочных роботов осуществляется в одной из современных CAD/CAM систем.

Среди новых областей применения технологических лазеров в судостроении следует отметить автоматизированную гибку листовых деталей

сложной формы местными нагревами, внедренную на ряде верфей США [4]. В данном процессе используется тот же физический принцип, что и при широко применяемой в Японии и Южной Корее гибке местными нагревами с помощью кислородных горелок. При этом высокая

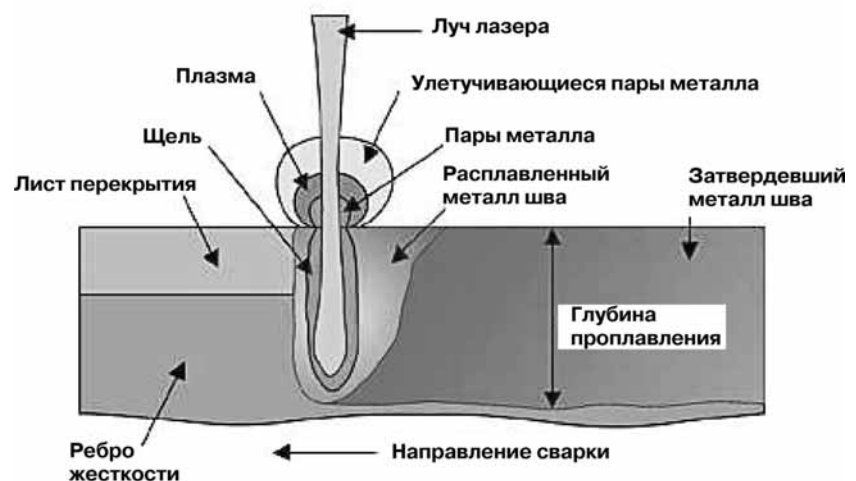


Рис. 5. Схема процесса лазерной сварки сотовых панелей

тов из судостроительной стали 10—12 мм, шероховатость реза 35—40 мкм. В 1998 г. апробирована резка листов толщиной 20 мм; качество реза пока сильно зависит от типа разрезаемой стали. До установки и приварки к полотнищу ребер жесткости осуществляется маркировка. Лазерный луч фокусируется в линию размерами 1 x 25 мм. Необходимая ширина линий разметки, зависящая от толщины стенок набора, обеспечивается вращением лазерной головки.

Двусторонняя сварка осуществляется фокусирующей головкой на базе зеркал. Установка используется для формирования угловых швов сварного таврового набора. Глубина проварки 6—7 мм. При сварке балок длиной до 16 м, на которых вероятен переменный по размеру сварочный зазор, применяется контрольная система на базе оптического сканера, регулирующая параметры сварки в зависимости от величины зазора.

Основные параметры лазерной сварки согласованы с Морским Регистром Ллойда, Норвежским Веритасом, Итальянским Морским Регистром и Германским Ллойдом. На верфи Odense необходимые испытания по сварке угловых швов производились в начале 1998 г. Соответствующий сертификат получен в марте этого же года. Для получения сертификата и обеспечения достаточного качества сварных швов особое внимание уделялось качеству подготовки кромок и поверхностей, которое оказывает существенное влияние на уровень дефектности.

Изготовление деталей с помощью лазера, начатое в середине 1997 г., дало существенные результаты. Была достигнута точность изготовления $\pm 0,5$ мм даже на элементах размерами до 2 x 16 м. Качественно улучшился процесс сборки — зазоры не превышают 1 мм (в традиционном судостроении у 20—25% соединений они намного выше этого значения). Сварочные деформации сократились на 2/3 в сравнении со сваркой в среде защитных газов.

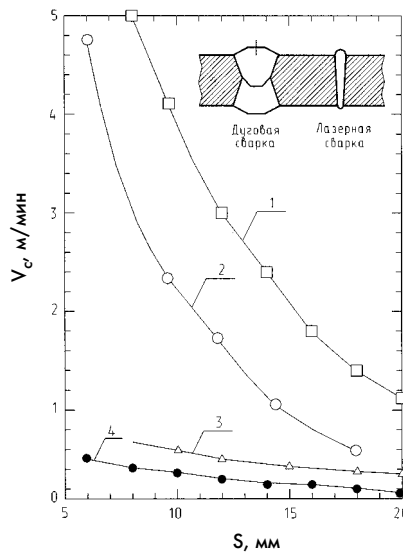


Рис. 6. Зависимость скорости лазерной и дуговой стыковой сварки конструкционных сталей от толщины деталей:

1, 2 — сварка лазером мощностью 16 и 8 кВт; 3, 4 — дуговая сварка под слоем флюса (мощность 40 и 25 кВт)

Опыт использования лазерной установки показал, что ее эксплуатация возможна в том числе в сложных условиях — при значительных температурных перепадах, запыленности и т. п. Однако были выявлены определенные недостатки в использовании оптической системы на базе зеркал. Перспективным представляется использование оптоволоконной передачи луча. С развитием лазерной техники и увеличением ее мощности оптоволоконные лазеры могут стать тем оборудованием, которое в наибольшей степени подходит судостроительной отрасли.

Выводы. 1. Использование технологических лазеров в судокорпусостроении позволит перейти на новый уровень производительности труда, качества изготовления корпуса судна, экологической чистоты процессов и повышения престижности судостроительных профессий.

2. Лазерная резка деталей корпусов судов на машинах с ЧПУ, обеспечивающая изготовление деталей «в чистый размер» и позволяющая полностью исключить пригоночные работы при сборке конструкций, может

успешно использоваться при раскрое листовых деталей толщиной до 20 мм.

3. Лазерная сварка корпусных конструкций может применяться на роботизированных и автоматизированных участках при изготовлении сотовых конструкций, плоских и полубъемных секций с толщиной деталей до 16 мм. При этом исключается необходимость правки конструкций после сварки, будут обеспечены высокая производительность процесса и качество сварных швов и сведен к минимуму расход присадочных материалов.

4. Для обеспечения конкурентоспособности российских верфей на мировом рынке судостроительной продукции XXI века необходимо безотлагательно осваивать новейшие технологии, в том числе лазерные процессы и робототехнику.

Литература

1. А. Г. Игнатов. Работы по лазерной сварке энергомашиностроительных и судостроительных сталей и сплавов больших толщин в России и за рубежом//Лазер-Информ. 1998. № 13—14 (148—149).
2. Рынки и тенденции//Лазер-Информ. 1999. № 12 (171).
3. Рассел Д. CO₂-лазеры в судостроении//Лазер-Информ. 1997. № 127.
4. Guoxin Yu, Koichi Masubuchi, Takashi Maekawa, Nicholas M. Patrikalakis. A finite element model for metal forming by laser line heating//10th International conference on computer applications in shipbuilding. 7—11 June, 1999. Vol. 2. Massachusetts Institute of Technology. Cambridge, USA.
5. Григорьянц А. Г., Соколов А. А. Лазерная резка металлов. М.: Высш. школа, 1988.
6. Kein Blech für alle Fälle: Wirtschaftlicher Einsatz von Laserblechen//Fertigung. 1997. 25, N 3.
7. Горный С. Г., Данилычев В. А. и др. Комбинированный способ оценки параметров процесса лазерной сварки//Сварочное производство. 1986. № 7.
8. Frank Roland. Laserschweißen — Chancen, Probleme, Beispiele//Schiff & Hafen. 1999. N 2.
9. Georg U. Kalla. CO₂-Laserstrahlschweißen von Baustählen in Dicken von 10 bis 20 mm//Stahl und Eisen. 1995. N 11.
10. Лазерный луч проникает в судостроение//Судостроение. 1998. № 3.
11. Welding in Shipbuilding. International Conference of the International Institute of Welding (IIW). Hamburg, Germany. September 17—18, 1998, pp. 25—27.

КОНФЕРЕНЦИЯ «ТЕХНОЛОГИЯ СУДОСТРОЕНИЯ И СУДОРЕМОНТА НА ПОРОГЕ XXI ВЕКА»

17—18 ноября 1999 г. в Санкт-Петербурге в ЦНИИТС проходила конференция «Технология судостроения и судоремонта на пороге XXI века», посвященная 60-летию института, на которую прибыли многие ведущие специалисты предприятий отрасли, руководители филиалов и заводов, ранее входивших в НПО «Ритм».

История ЦНИИТС началась с создания в 1939 г. по приказу наркома судостроительной промышленности СССР Союзного треста «Оргсудопром», целью которого было оказание заводам научно-технической помощи в организации производства и совершенствовании технологии постройки судов и кораблей. В 1948 г. «Оргсудопром» был преобразован в Центральный научно-исследовательский институт передовой технологии судостроения (ЦНИИПТС), а в 1966 г. приказом министра судостроительной промышленности СССР переименован в ЦНИИ технологии судостроения. За 60 лет существования ЦНИИТС прошел ряд этапов развития и внес значительный вклад в реализацию государственных программ кораблестроения.

Для промышленного производства разрабатываемых ЦНИИТС средств технологического оснащения и оборудования в его состав были введены опытные заводы. Таким образом институт превратился в крупный отраслевой научно-технологический центр. В 1969 г. он становится головным предприятием научно-производственного объединения «Ритм» с филиалами в регионах страны с развитым судостроением. Это обеспечило выполнение работ по полному циклу — от научных исследований и создания опытных образцов до организации промышленного производства высокопроизводительного оборудования. За время существования НПО «Ритм» разработано и внедрено на заводах отрасли свыше 20 тыс. наименований различного оборудования, приборов и устройств, начались поставки новой техники на экспорт.

В период экономических реформ институт сохранил роль ведущего технологического центра судостроения. Входившие в него фили-

алы и предприятия стали самостоятельными. В этих условиях ЦНИИТС явился правопреемником НПО «Ритм».

В 1994 г. к ЦНИИТС были присоединены институт «Союзпроектверфь» и проектно-производственное предприятие «Армас». Решением правительства России институту присвоен статус государственного научного центра РФ. В 1998 г. к ЦНИИТС присоединено ЦКБ «Восток». Приказом министерства экономики РФ институт становится государственным унитарным предприятием (ГУП), а в ноябре 1999 г. — федеральным ГУП. В настоящее время ФГУП ЦНИИТС представляет собой многопрофильный научно-производственный комплекс, имеющий в своем составе научно-исследовательские лаборатории, оснащенные современными средствами постановки эксперимента и обработки результатов исследований, конструкторские и проектные подразделения, необходимые производственные мощности для изготовления и выпуска разрабатываемого технологического оборудования, а также является генеральным проектировщиком и поставщиком документации в сфере модернизации судостроительных и судоремонтных предприятий, объектов обеспечения базирования и эксплуатации судов и кораблей. Он располагает собственным информационно-аналитическим центром с выходом в Интернет, имеет развитые научные, технологические и экономические связи со многими фирмами и научными центрами зарубежных стран. В институте функционируют два Ученых совета по защите докторских и кандидатских диссертаций по специальности «Технология судостроения, судоремонта и организация судостроительного производства». ЦНИИТС является издателем журнала «Судостроение» и сборника «Вестник технологии судостроения».

Вступительный доклад на юбилейной конференции сделал генеральный директор канд. техн. наук В. Д. Горбач. В его докладе и последующих выступлениях на пленарном заседании ученых и специалистов были обобщены результаты, достигнутые за прошедший период, пред-

ложены методы и направления исследований по созданию новых технологий, повышающих технико-экономическую эффективность работы судостроительных предприятий. Всего на конференции было сделано 45 докладов и представлено 16 стеновых докладов.

Историческая справка о роли ЦНИИТС в решении проблемы создания системы управления (с использованием ЭВМ) строительством головной атомной подводной лодки (АПЛ) проекта С. Н. Ковалева с новым комплексом ракетного вооружения была дана в докладе канд. техн. наук Г. Б. Кезлинга. Разработанная с этой целью система под условным наименованием «Голубой залив» потребовала создания межотраслевой структуры управления всем комплексом, включающим постройку АПЛ, создание ракетного комплекса и подготовку экипажей. ЦНИИТС кроме разработки системы «Голубой залив» выполнял функции координационно-вычислительного центра по оперативному информационному обеспечению военно-промышленной комиссии и головных предприятий, участвующих в строительстве АПЛ. В разработке системы и обеспечении ее функционирования наиболее активное участие принимали сотрудники В. С. Дружинин, А. Ф. Петров, В. С. Рукин, Г. А. Артемьев, К. В. Фелисов, А. М. Брехов, Е. В. Никитин, А. А. Ситина. Большую помощь и поддержку оказывал В. В. Мещеряков — директор института в то время. На базе выполненных работ по поручению министерства ЦНИИТС разработал отраслевую АСУ для оперативного руководства отраслью и в 1971 г. завершил внедрение ее первой очереди в министерстве.

В представленном докладе канд. техн. наук А. Н. Ситникова (ЦНИИТС) показано, что одним из главных направлений повышения эффективности судостроения является применение современных информационных технологий, в том числе: создание корпоративной информационной системы судостроительного предприятия в виде единой бизнес-системы; применение CALS- и BPR-технологий для реорганизации деятельности и оптимиза-

ции структуры предприятия; переход к точной групповой технологии; применение новых технологий, основанных на высококонцентрированных источниках энергии, прежде всего лазерных, — для резки, маркировки, разметки, обработки кромок деталей и сварки судовых конструкций.

В докладе докт. техн. наук проф. О. Г. Соколова (ЦНИИТС) «Новые неметаллические материалы в XXI веке» показано, что такие технологические методы обработки и технологические процессы, как, например, реактивная и инжекционная формовка, экструзия, сверхпластичная формовка, сверхвысокоскоростное охлаждение, порошковая металлургия, лазерные технологии, высокоэнергетическое ионноплазменное напыление, интенсивно развивавшиеся в последние годы, получают приоритетное применение в судостроении и в начале XXI века. Накопленный в стране опыт создания и эксплуатации атомного флота позволил предложить народному хозяйству надежно защищенные подземные атомные теплоэлектростанции (ПАТЭС), создаваемые на базе судостроительных технологий и судового оборудования, отмечалось в докладе докт. техн. наук проф. В. М. Пашина и др. (ЦНИИ им академика А. Н. Крылова), а также докт. техн. наук Н. И. Герасимова и канд. техн. наук А. А. Ива (ЦНИИТС).

Кандидат техн. наук М. И. Чугаевский (ОАО «Дальневосточный НИИ технологии судостроения») в своем докладе предложил создать региональные структуры (концерны, корпорации, комплексы) с целью дальнейшего развития судостроения в регионах.

Доктор техн. наук проф. В. П. Выхристюк (Черноморский НИИ технологии судостроения) считает необходимым условием повышения надежности судов и морских технических сооружений создание комплекса систем по защите корпуса от коррозии, обростания, эрозии и развития усталостных процессов. К основным направлениям развития технологии судостроения на ближайшие годы относятся, как указано в докладе канд. техн. наук А. Н. Ситникова (ЦНИИТС) и докт. техн. наук, проф. В. Ф. Соколова (СПбГМТУ) «Проблемы точности в судовом корпусостроении», совершенствование существующих методов постройки,

применение математических методов и вычислительной техники при технологической подготовке производства и управлении технологическими процессами, механизация и автоматизация судостроительного производства, разработка принципиально новых технологических процессов и др. Большинство этих направлений в той или иной степени связано с проблемой точности в судостроении. Важность решения этой проблемы подтверждается наличием большого объема пригоночных работ в корпусостроении, на долю которых приходится до 40% трудоемкости сборки.

В докладе канд. техн. наук В. Д. Горбача, докт. техн. наук проф. В. С. Головаченко (ЦНИИТС) «Актуальные проблемы технологии электродуговой сварки судовых конструкций» показано, что есть два решения этой проблемы: выполнять пригоночные работы при сборке под сварку или создавать технологию сварки, которая учитывала бы фактические зазоры в собранном под сварку соединении. Важным направлением повышения качества и эффективности сварки судовых корпусных конструкций, отмечают авторы, является применение роботов как разновидности управляемой по программе электродуговой сварки плавящимся электродом.

Вопросу повышения работоспособности крупногабаритных сварных корпусных конструкций с оценкой точности расчетных методов прогнозирования остаточных сварочных деформаций был посвящен доклад докт. техн. наук проф. В. С. Михайлова (ЦНИИТС), где приведены примеры способов обработки сварных конструкций, способствующих стабилизации размеров и формы, а также увеличению их циклической прочности.

Доктор техн. наук П. М. Лысенков (ЦНИИТС), представивший доклад «Технологические проблемы судовых движительных комплексов», стратегическим направлением для создания «идеальных» судовых движительных комплексов считает технологические методы, так как совершенствование их традиционных конструкций малоэффективно.

В докладе «Основные направления развития механомонтажного и трубообрабатывающего производств в современных условиях судостроения» докт. техн. наук Н. Л. Герасимов и Я. М. Кроик предлагают для наиболее эффективной реализации основных достоинств модульно-агрегатных принципов, а также снижения загрузки механомонтажного и трубообрабатывающего производств верфи создание региональных производственных цехов и участков по изготовлению наиболее сложных и трудоемких сборочно-монтажных единиц энергетических установок (зональных блоков) турбинных и дизельных установок.

В. И. Спиринов, А. М. Плотников (ЦНИИТС) в докладе «Разработка и опыт применения автоматизированной системы Ритм-Судно» представили результаты применения этой, разработанной ЦНИИТС системы, для выполнения на ЭВМ конструкторско-технологической подготовки корпусных видов производств с выпуском всей номенклатуры построеной документации, до управляющих программ на газорезательных автоматах включительно.

В докладах канд. техн. наук О. В. Ярыгина и Б. Д. Виноградова (ЦНИИТС), посвященных применению противозумных комплексов на судах и кораблях, изложены основные принципы построения методики расчета воздушного шума, применения средств виброизоляции и вибродемпфирования. В ЦНИИТС разработаны высокоэффективные вибродемпфирующие мастики, а также металлополимерное покрытие с низкой поверхностной массой. На их основе создан ряд высокоэффективных судовых противозумовых комплексов.

Кандидат техн. наук С. П. Наседкин и Л. А. Межеричер (ЦНИИТС) в докладе «Тенденции и перспективы развития судостроительных заводов» представили первые программы советского судостроения, в которых обосновывалась необходимость строительства новых заводов. Показано влияние динамики развития технологии судостроения на модернизацию производственной базы отрасли, а также развитие судостроительного производства в послевоенный период и создание современных судостроительных и судоремонтных верфей в период 60 — 70 годов.

В докладе В. А. Зосимова, директора конструкторского бюро «Армас» (ЦНИИТС), отмечено, что за 60 лет созданы десятки тысяч ти-



Участники юбилейного заседания в ЦНИИТС

поразмеров арматуры и практически нет ни одного корабля или судна отечественной постройки, где не применялась бы арматура, разработанная специалистами бюро.

Бывший директор Николаевского филиала ЦНИИТС, докт. техн. наук проф. А. А. Мильто в докладе «УКРНИИТС — разработчик новых материалов, технологий и СТО для судостроения Украины» отметил, что филиал, начавший свою деятельность с внедрения разработок ЦНИИТС на судостроительных заводах южного

региона, в сравнительно короткий срок превратился в крупный научно-исследовательский центр технологии судостроения и создания средств технологического оснащения по всем видам судостроительного производства. Положение резко изменилось после перехода института под юрисдикцию Украины. Сокращение объемов производства на судостроительных предприятиях Украины, составляющих сейчас 10—15% от объемов 1991 г., привело к тому, что заводы не в состоянии

финансировать работы по повышению технического уровня, почти прекращено финансирование НИОКР за счет госбюджета. В результате работы института по судостроению составляют 3% от общего объема. Резко сократилась его численность, по сравнению с 1991 г. — почти в четыре раза.

На пленарном заседании и заседаниях секций выступили также специалисты из ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова, ЦНИИИМ «Прометей», ЦНИИСМ, ЦНИИСЭТ, НИИ «Электростандарт», НИИ «Мортеплотехника», а также заводов — ГУП «Адмиралтейские верфи», ОАО «Балтийский завод», Выборгский судостроительный завод. Представленные доклады отражали состояние технологии в судостроительной промышленности и пути ее развития и совершенствования.

С материалами конференции можно ознакомиться в сети Интернет на странице ЦНИИТС <http://www.bestrussia.com/net/ritm/index.htm>

**Н. П. Лукьянов, канд. техн. наук,
В. Н. Хвалынский, канд. техн. наук,
В. П. Шабаршин, канд. техн. наук
(ГНЦ ЦНИИТС)**

«ТРАНСТЕХ НЕВА» В 2000 ГОДУ

ЗАО «Транстех Нева Эксбишнс» — организатор российского раздела известной международной выставки «Нева» — в этом году участвует в организации трех престижных выставок: «Посейдония-2000», «Инрыбпром-2000» и «Транстек-2000».

Международная морская выставка «Посейдония-2000» пройдет 5—9 июня в Пирее, Греция. Это крупнейшая специализированная выставка, которая проводится с 1968 г. На площади 15 000 м² до 1500 компаний примерно из 70 стран демонстрируют свою продукцию и достижения в области судостроения, судоремонта, судового оборудования, сервиса в судоходстве, финансирования, страхования, а также в сфере, касающейся портов, классификационных обеществ и др.

«Транстех Нева Эксбишнс», являясь с середины 1999 г. эксклюзивным представителем дирекции выставки «Посейдония» в России, осуществляет формирование российского раздела в экспозиции этого года по ценам значительно ниже, чем для участников других стран. В канун выставки, 2 июня, пройдет конгресс, посвященный 4000-летию греческого судоходства, с участием наиболее крупных представителей морского бизнеса, оказывающих влияние на процесс мирового судостроения, судоходства и морской торговли. Как известно, греческие судовладельцы контролируют значительную часть

мирового торгового флота, а их заказы на грузовые и пассажирские суда, паромы и круизные лайнеры размещаются на верфях многих стран.

Международная специализированная выставка «Инрыбпром-2000» — седьмая по счету — пройдет 21—25 июня в Санкт-Петербурге на территории выставочного комплекса ВАО ЛЕНЭКСПО. Главными организаторами являются Гипрорыбфлот, Всероссийский научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт экономики, информации и АСУ рыбного хозяйства (ВНИЭРХ) при поддержке Комитета по рыболовству РФ. Наряду с традиционной рыбохозяйственной тематикой, на этой выставке будут демонстрироваться возможности российской судостроительной промышленности и смежных отраслей. Организатором этого специализированного раздела является «Транстех Нева Эксбишнс».

Основная тематика раздела: судостроительная промышленность, энергетические установки и пропульсивные системы, вспомогательные механизмы, электротехника, навигационные системы и связь, сварка, технология судостроения, безопасность мореплавания, экологически безопасные технологии в судостроении и судоходстве, эксплуатация рыбодобывающего флота, катера и маломерные суда, рыбные порты и их оборудование.

В целях оказания поддержки отечественным предприятиям-участникам раздела установлены льготные расценки по сравнению с иностранными экспонентами.

Четвертая международная многоотраслевая транспортная выставка «Транстек-2000» пройдет 12—15 сентября в Санкт-Петербурге, причем по распоряжению правительства РФ в городе на Неве одновременно состоится и Вторая международная евроазиатская конференция по транспорту. Главная тема выставки — «История, состояние и перспективы развития российского транспорта на рубеже третьего тысячелетия», основные задачи — демонстрация возможностей отечественного транспортного комплекса по организации международного транзита через территорию России, дальнейшее развитие инфраструктуры российских ответвлений международных транспортных коридоров, показ современных технологий перевозок и информационно-логистических систем (в том числе на водном транспорте), новых образцов транспортной техники, инвестиционных проектов и программ развития транспорта с учетом интеграции нашей страны в мировой транспортный процесс. Для российских участников выставки «Транстек-2000» — льготные расценки по сравнению с иностранными участниками.

**А. Н. Тихомиров,
генеральный директор
ЗАО «Транстех Нева Эксбишнс»**

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОТДЕЛ

ШЕСТИДЕСЯТИЛЕТИЕ «СЕВМАША»

21 декабря 1999 г. государственное унитарное предприятие «Производственное объединение «Северное машиностроительное предприятие»», известное также как «Севмаш» или завод № 402, отметило свое шестидесятилетие.

Создание предприятия, изначально призванного стать лидером военного кораблестроения, проводилось в годы великих строек в СССР.

Закладка 21 декабря 1939 г. в еще недостроенном эллинге линейного корабля «Советская Белоруссия» послужила началом истории «Севмаша» и ежегодно отмечается коллективом объединения как День трудовой славы.

В годы Великой Отечественной войны завод № 402 являлся главной судоремонтной базой флота на Севере, восстановив, отремонтировав и вооружив 139 кораблей, советских и иностранных транспортов и судов ледокольного флота. Завод поставил флоту 2500 комплектов контактных морских тралов всех видов, дал фронту 360 тыс. бронебойных 76-мм снарядов, 283 тыс. фугасных авиабомб массой 100 кг и много другой военной продукции. Были сделаны первые шаги в подводном судостроении: сданы флоту два подводных минных заградителя типа «Л» XIII-38 серии и пять подводных лодок типа «М» XII серии, доставленных в Молотовск (Северодвинск) из Ленинграда и Горького.

Коллективом предприятия вписана славная страница в летопись Великой Отечественной войны. В ряды Красной Армии по мобилизации было направлено 4260 чел. За мужество и героизм, проявленные на полях сражений, более трех тысяч из них награждены боевыми орденами и медалями, а двое — Павел Васильевич Коновалов и Николай Федорович Чесноков — удостоены звания Героя Советского Союза. Более 1300 человек отдали свою жизнь в боях за Родину, и в память о них на территории предприятия сооружен мемориал воинской Славы. За трудовые подвиги в годы войны 172 работника предприятия награждены боевыми наградами.

В августе 1947 г. был подписан акт о передаче флоту первой подводной лодки, достроенной на заводе. Это была подлодка М-214 проекта 96 серии XV. А спуск на воду в 1947 г. эсминца «Сталин» с 65%-й готовностью и установленными главными механизмами являлся выдающимся техническим достижением отрасли в те годы.

В начале 50-х годов продолжается строительство завода, на полную мощность начинают работать цеха заготовительной и машиностроительной групп, вводится в эксплуатацию выводной комплекс. Разворачивается постройка эсминцев пр. 30бис, крейсеров пр. 68бис (было сдано два корабля). Поточно-позиционная постройка 18 целиком сварных эсминцев пр. 30бис велась по технологии, разработанной на заводе, которая впоследствии была принята на всех предприятиях отрасли, строивших эсминцы.

Завод принимает активное участие в послевоенном восстановлении транспортного и специального гражданского флота страны. Было построено 25 морских лихтеров грузоподъемностью 3000 т, четыре больших самоходных железнодорожных парома для сибирских рек, два автомобильных парома.

В середине 50-х годов завод приступает к строительству крупной серии (14 ед.) больших торпедных

дизель-электрических подводных лодок пр. 611.

16 сентября 1955 г. завод открывает новую эру морских вооружений — с борта переоборудованной на заводе ДЭПЛ Б-67 стартовала первая в нашем подводном флоте баллистическая ракета. Четыре ДЭПЛ пр. АВ611, построенные на заводе по типу Б-67, составили первое стратегическое соединение подводных лодок в советском ВМФ.

В сентябре 1955 г. завод приступает к выполнению задачи национального значения: была заложена первая в стране атомная подводная лодка (пр. 627, заказ 254). Преодолевая совместно со многими проектными и научно-техническими организациями страны громадные трудности, предприятие в январе 1959 г. передало эту первую АПЛ флоту. Была развернута серийная постройка торпедных атомных подводных лодок пр. 627А. Три из них были сданы уже в конце 1959 г. В августе 1959 г. завод был удостоен первой высокой правительственной награды — ордена Ленина.

Определилась и его специализация, а также ведущая роль среди предприятий подводного судостроения страны. Постановлением Совета Министров СССР от 25 августа 1959 г. завод назначается головным предприятием по постройке подводных лодок с новыми энергетически-



Производственное объединение «Северное машиностроительное предприятие»



Вывод подводной лодки из цеха

ми установками и новыми видами вооружения. Всей своей последующей деятельностью завод оправдал высокое звание флагмана подводного судостроения.

В конце 1961 г. было закончено строительство всей серии дизель-электрических подводных ракетно-носцев пр. 629. Это стало существенным элементом сдерживания США, угрожавшим Советскому Союзу баллистическими ракетами морского базирования «Поларис».

С этого времени предприятие перешло на строительство только атомных подводных лодок. Совершенствовались технологические процессы постройки и испытаний АПЛ, и к лету 1964 г. вся серия АПЛ пр. 627А была введена в состав флота.

Одновременно строилась АПЛ с принципиально новым типом энергетической установки — с жидким теплоносителем, что заложило основу дальнейшего развития перспективного направления корабель-

ной атомной энергетики (сдана в 1963 г.).

Продолжая наращивать темпы постройки атомных кораблей, предприятие в этот период сдало флоту серию атомных подводных ракетно-носцев пр. 658 и приступило к постройке АПЛ пр. 675. В течение 1963—1966 гг. флот получает корабли, способные нейтрализовать

действия ударных соединений потенциального противника.

С 1960 г. по 1969 г. на предприятии сделан мощный прорыв в области применения новых материалов для корпусов АПЛ. В сжатые сроки были освоены технологические процессы обработки, сборки и сварки листов, профилей и труб из сплавов на основе титана. Первенец титанового подводного судостроения — АПЛ пр. 661, постройка которой велась на предприятии в 1963—1969 гг., — по своим ходовым и маневренным качествам не имела аналогов ни в нашем, ни в зарубежном подводном кораблестроении. Она установила непревзойденный до сих пор рекорд скорости в подводном положении — 44 уз. Эта работа предприятия открыла путь в титановое кораблестроение родственным предприятиям отрасли и явилась стимулом для развития титановой металлургии и машиностроения.

Закончив строительство АПЛ 1-го поколения, предприятие приступило к постройке более совершенных по своим тактико-техническим данным и более сложным по конструкции АПЛ 2-го поколения. Начало этому было положено разворачиванием строительства атомных подводных крейсеров стратегического назначения пр. 667А. К концу 1969 г. корабли, построенные на «Севмаше», вышли на боевое патрулирование. Это был достойный ответ угрозе со стороны подводных ракетноносцев США типа «Джорж Вашингтон» и «Э. Аллен», вопрос о ядерном паритете на море между СССР и США впервые был поставлен на повестку дня.

В мае 1963 г. заслуги предприятия в деле обеспечения обороноспо-



АПЛ в надводном положении

способности страны были отмечены второй правительственной наградой — орденом Трудового Красного Знамени.

Наиболее значительное развитие предприятие получило в середине 60-х и в 70-е годы, когда оно переживало фактически второе рождение. Был построен ряд крупных цехов, таких как корпусоборочный, блок механических цехов, цехи термический, очистки и окраски, изготовления стеклопластиковых конструкций и пластмасс, корпус стендовых испытаний подшипников и др.

Очередное десятилетие (1970—1979 гг.) прошло под знаком двух главных факторов: наращивания темпов создания мощного подводного флота стратегического назначения, подготовки и начала строительства АПЛ 3-го поколения.

Началось строительство последней и самой совершенной модификации пр. 667А — пр. 667БДРМ. Постройка каждой из последующих модификаций пр. 667 требовала от предприятия освоения новых конструкций и технологий.

Продолжая развивать титановое направление производства, предприятие в 1977—1979 гг. сдало флоту две уникальные автоматизированные подводные лодки и приступило к завершению строительства третьего корабля.

В середине 70-х годов началось наращивание производственной мощности предприятия, строительство новых цехов и плавсооружений для обеспечения работ по созданию АПЛ 3-го поколения.

Вклад предприятия в создание подводного флота страны был высоко оценен Родиной — в январе 1971 г. «Севмаш» награжден орденом Октябрьской Революции, в феврале 1976 г. — вторым орденом Ленина.

В 1980—1990 гг. заканчивается строительство всей серии ракетных подводных крейсеров стратегического назначения пр. 667БДРМ. Одновременно была создана серия тяжелых подводных ракетных крейсеров стратегического назначения «Акула» — самых крупных в мире подводных кораблей, внесенных в Книгу рекордов Гиннеса. Трансконтинентальные баллистические ракеты, составлявшие их вооружение, явились ответом Советского Союза на американскую ракетную систему «Трайидент».



Морской понтон для шведского заказчика

Так завершилось на данном этапе создание на стапелях «Севмаша» ракетно-ядерного морского щита Родины. Установление паритета в стратегических морских вооружениях с США значительно укрепило положение СССР на международной арене.

В эти годы предприятие продолжало вводить в состав флота подводные корабли, вооруженные крылатыми ракетами. Была начата постройка ракетных крейсеров пр. 949 и 949А («Гранит» и «Антей»). В 1988 г. сдана первая многоцелевая подводная лодка типа «Барс».

В 1983 г. флоту передан построенный на СМП «корабль XXI века» — АПЛ «Комсомолец» с корпусом из сплава на основе титана. Рекордная глубина погружения в 1000 м, недоступная для боевых подлодок других стран, была достигнута АПЛ «Ком-

сомолец» 4 августа 1985 г. К сожалению, освоение гидрокосмоса этим уникальным кораблем, созданным северодвинскими кораблестроителями, было прервано его трагической гибелью 7 апреля 1989 г.

В последние годы построен инструментальный цех, стендовый корпус «Измеритель», завершено строительство гальванического цеха; в промзоне № 2 организуется производство судовой мебели и создано мощное, хорошо оснащенное складское хозяйство, где ручной труд сведен до минимума.

Наряду с промышленным строительством развивалась и социальная сфера, осуществлялось строительство жилых домов, детских дошкольных учреждений, объектов культуры, здравоохранения и просвещения.



Мини-балкер и буксиры для голландской компании



Ремонт и модернизация тяжелого авианесущего крейсера «Адмирал Горшков» — новый заказ для специалистов «Севмаша»

Сегодня предприятие располагает: дворцом культуры со зрительным залом на 800 мест, двенадцатиэтажным больничным комплексом на 850 койко-мест, тремя поликлиниками на 1800 посещений, пансионатом на 340 мест в Адлере и пансионатом на 1000 мест в Евпатории, санаторием-профилакторием на 300 мест, втузом, техническим колледжем, профессионально-техническим училищем, стадионом с трибунами на 8 тыс. мест, двумя спортивными залами, плавательным бассейном, оздоровительным лагерем для детей на 500 мест в Архангельской области, Музеем трудовой славы и воинской доблести.

Успешно выполнять предпринятию его основную задачу — серийную постройку АПЛ различных проектов и поколений для ВМФ СССР и России, быть всегда лидером в области применения новейших технологий мирового уровня — позволяли высокая оснащенность производства, рациональная организация труда, высокая личная ответственность специалистов и рабочих за выполнение порученной работы.

Конечно, шестьдесят лет для предприятия — срок небольшой. Но даже за это короткое время, благодаря самоотверженному труду всего коллектива, предприятие под руководством известных в отрасли инженеров-кораблестроителей, таких как бывшие директора предприятия С. А. Боголюбов, Г. К. Волик, Е. П. Егоров, Г. Л. Просянкин, А. И. Мака-

ренко, бывшие главные инженеры В. И. Дубовиченко, В. И. Вашанцев, И. М. Савченко, Ф. Н. Шушарин и генеральный директор объединения с 1988 г. Д. Г. Пашаев, стало крупнейшим в отрасли и в Европе и одним из крупнейших в мире.

Ощутимый вклад в развитие и становление объединения внесли ведущие отраслевые проектно-конструкторские и научно-исследовательские институты и бюро, в том числе ГСПИ-2 «Союзпроектверфь», ЦНИИТС, ЦНИИКМ «Прометей», ВНИИТСМ «Сириус» и другие.

«Севмаш» обладает рядом уникальных высокотехнологичных технологий, среди которых следует особо отметить сборку и сварку секций и блок-секций подводных лодок; радиационно-химическую обработку пластин противогидролокационных покрытий; очистку и окраску секций и блок-секций и др.

Неоценимый вклад в достижения предприятия внесли слесари-монтажники Д. Н. Фролов, М. И. Титов, А. Н. Лапочкин, И. П. Харитонов, В. А. Репин, А. В. Лагунов, наладчик В. М. Вершинин, сборщики В. А. Аншуков и А. Т. Максимов, токарь-расточник Н.Т. Егоров, электросварщица Е. П. Ночвина и многие другие работники, составлявшие и составляющие золотой фонд многоотраслевого коллектива предприятия. Восемнадцать лучших из них удостоены звания Героя Социалистического Труда СССР, один — звания Героя России, девять стали лауреатами Ленинской

премии, 33 — Государственной премии СССР, 13 — премии Совета Министров СССР, Правительства РСФСР и РФ; 18 — премии Ленинского комсомола; 6515 работников награждены орденами и медалями СССР, РСФСР, РФ; 275 работников удостоены почетных званий СССР, РСФСР и РФ, в том числе в честь 60-летия «Севмаша» награждены орденами и медалями РФ 105 человек, почетных званий РФ удостоены 144 человека.

В последнее десятилетие (1990—1999 гг.), несмотря на все возрастающие сложности с финансированием оборонных заказов, предприятие продолжало строить АПЛ пр. 949А и АПЛ типа «Барс». Последняя АПЛ этой серии — «Гепард» — спущена на воду в ноябре 1999 г. На выводе корабля присутствовал глава Правительства Российской Федерации В. В. Путин.

С середины последнего десятилетия XX века началась перестройка производства в связи с необходимостью его конверсии. Возросла доля гражданской продукции. Предприятие приступило к строительству морской ледостойкой нефтедобывающей платформы «Приразломная». Участвует совместно с ГМП «Звездочка» в постройке самоподъемной плавучей буровой установки «Арктическая». Расширяется выход на внешний рынок, строятся на экспорт буксиры, баржи, понтоны. Разрабатываются и осваиваются нефтяные месторождения Печорского бассейна.

С 1991 г. «Севмаш» построил более 50 гражданских судов для зарубежных заказчиков, включая 24 речные баржи типа «Европа-2» для Нидерландов и восемь морских понтонов для шведской фирмы. По контракту для голландской фирмы построено четыре корпуса минибалкера, 18 корпусов буксиров, еще 19 находятся в стадии строительства. О строительстве МЛСП «Приразломная» и СПБУ «Арктическая» написано достаточно много. Менее известен заказ АО «Арктикнефть». Это совместное предприятие компаний «Архангельскгеологодобыча» и «ЛУКойл Арктик Танкер». Уже отправлены морем и монтируются жилой модуль и модуль столовой для обустройства нефтяного месторождения на о. Колгуев. В октябре 1999 г. получена первая нефть на месторо-

ждении Харьяга. Работы по изготовлению и монтажу модулей системы ранней добычи нефти успешно выполнил «Севмаш».

В 1998 г. изменяется структура производства. Оно разделяется на три направления: производство военной техники, производство морской техники для нефтегазодобычи и гражданское судостроение, производство продукции технического назначения и товаров народного потребления. Корабелы «Севмаша» обустривают Печорское нефтяное месторождение, обеспечивают Череповецкий металлургический комбинат оборудованием и оснасткой, изготавливают мебель и хрусталь,

успешно интегрируют в экономику Архангельской области, сотрудничая с лесопромышленниками, Северной железной дорогой, целлюлозно-бумажными комбинатами.

22 крупных надводных корабля и 161 подводную лодку, из них 127 атомных, построило за 60 лет своего существования «Северное машиностроительное предприятие». Неоценим его вклад в обеспечение обороноспособности страны. Люди «Севмаша», как ветераны, так и те, кто сейчас трудится в его цехах и отделах, по праву гордятся славным прошлым своего предприятия и надеются, что флагман отрасли преодолет все бури и штормы нашего непростого времени.

Встретив свой шестидесятилетний юбилей в условиях развернувшихся экономических преобразований в стране, коллектив предприятия прилагает все усилия, чтобы справиться с поставленными задачами. К этому обязывают славные трудовые традиции. Нацеленность коллектива на выполнение принятых задач, высокая техническая оснащенность производства, наличие высококвалифицированных рабочих и инженерных кадров — залог наших дальнейших успехов.

В. П. Пастухов,
главный инженер
ГУП «ПО «Севмаш»»

СУДОМОДЕЛЬНЫЙ СПОРТ В ПРИМОРЬЕ

Автор этой статьи — В. А. Субботин, профессор Дальневосточной государственной морской академии им. адмирала Г. И. Невельского (ДВГМА), восьмикратный чемпион и рекордсмен мира, заслуженный мастер спорта и заслуженный тренер России по судомодельному спорту рассказывает об особенностях этого вида спорта. Под руководством В. А. Субботина в возглавляемой им судомодельной лаборатории при ДВГМА подготовлены мастера спорта, рекордсмены и чемпионы мира. Многие из тех, кто плавает сейчас на судах торгового флота капитанами и механиками, он научил «разумным занятиям в часы досуга». Причем, как уже упоминалось в журнале «Судостроение» (1999, № 3, с. 49—50), возможности судомоделизма широко используются В. А. Субботиным в учебном процессе и научных исследованиях.

В системе подготовки спортсменов-судомоделистов, как и в любой другой, есть главное звено, которое определяет сущность и основное содержание этой системы. Таким главным звеном, применительно к судомодельному спорту, является проектирование, изготовление и подготовка к соревнованиям спортивной модели.

Как известно, в единой спортивной классификации России насчитывается более тридцати классов моделей, по которым проводятся соревнования у нас в стране, во многих странах Европы и мира. Все разнообразие классов моделей разбито на несколько групп. Это большая группа масштабных моделей — копий класса С, группа моделей яхт, радиоуправляемые модели для групповых гонок в течение полчаса —

класс Ф, группа самоходных и радиоуправляемых моделей — копий и группа скоростных кордовых и скоростных радиоуправляемых моделей с двигателями внутреннего сгорания, имеющих различные рабочие объемы цилиндров. По всем перечисленным группам моделей проводятся чемпионаты России, Европы и мира.

Ни у нас в стране, ни за рубежом нет ни одного судомодельного клуба, в котором культивировались бы все классы моделей одновременно. В судомодельной лаборатории ДВГМА серьезное внимание уделяется группе скоростных кордовых моделей с рабочими объемами цилиндров двигателей внутреннего сгорания до $3,5 \text{ см}^3$ — класс А-1, от $3,5$ до $6,5 \text{ см}^3$ — класс А-2 и от $6,5$ до 10 см^3 — класс А-3.

Для испытания моделей, проведения тренировок и соревнований для этих классов моделей создается специально оборудованный полигон.

Все модели группы А — модели свободного класса, ограничивается лишь рабочий объем цилиндра двигателя внутреннего сгорания, уровень шума, с которым модель движется по дистанции (80 децибел на расстоянии 20 м от модели), и топливо для двигателя (20% касторового масла в смеси с 80% метилового спирта). Все остальное — плод фантазии и инженерной мысли спортсмена и его тренера. Например, скоростная кордовая модель класса А-3 имеет двигатель с рабочим объемом цилиндра до 10 см^3 , мощностью около 2,5 кВт, частоту вращения коленчатого вала около 30 000 об/мин, массу двигателя 400 г. Задача спортсмена заключается в том, чтобы спроектировать и изготовить такую модель, которая с максимальным КПД преобразовывала бы заданные мощность и частоту вращения коленчатого вала двигателя в максимально возможную скорость модели на воде на специальном аквадроме с допустимым уровнем шума. Процесс создания и испытание такой модели заставляет спортсмена-судомоделиста решать сложные технические задачи.



Команда спортсменов-судомоделюв ДВГМА в составе сборной России на чемпионате мира в Болгарии, 1999 г.

Важнейшей деталью модели является гребной винт. На основании обобщения многолетнего опыта в судомодельной лаборатории разработаны конструкции суперкавитирующих, частично погруженных гребных винтов моделей и методики их расчета. Конечной целью расчета является определение геометрии лопастей гребного винта. Для расчета должны быть заданы: дисковое отношение, число лопастей, шаговое отношение и характеристики двигателя. Проектировочные расчеты выполняются в два этапа: на первом — производят расчеты основных элементов гребного винта при помощи диаграмм систематических испытаний моделей суперкавитирующих винтов; на втором — для расчетных значений шага и диаметра винта строят контуры спрямленных поверхностей лопастей и рассчитывают шаговые углы. Винты изготавливают из цельного металла по специальным технологиям. После изготовления проводят балансировку и испытания винта.

На основании многочисленных экспериментов по снижению уровня шума и вибраций скоростных судомоделей в лаборатории выработан ряд практических рекомендаций. Поскольку повышенный уровень шума моделей с двигателями внутреннего сгорания обусловлен одновременным возникновением шума от выхлопа двигателя, излучаемого корпу-

сом модели в результате передачи вибраций двигателя на корпус, и гидродинамического шума от движения модели, то эффективное его снижение возможно лишь при условии одновременного уменьшения шума от всех трех источников. Для снижения шума от выхлопа двигателя применяют глушители. В судомодельной лаборатории на основе длительных исследований создан глушитель простой конструкции, легкий и компактный, удобно размещаемый в модели. Глушитель резонансный, не «забирает» мощность двигателя. Виброизоляция двигателя с помощью резиновых амортизаторов значительно снизила шум, излучаемый корпусом модели.

К моменту проектирования модели необходимо иметь габаритные размеры системы питания, двигателя, резонансной трубы, глушителя, трансмиссии, габариты антикрыла, а также готовые решения и проработки для узлов и их креплений на корпусе модели. Получить такие сведения можно, основываясь на данных лабораторных и натурных испытаний отдельных узлов модели.

Размерения модели определяются после построения логического ряда конструктивных элементов модели: топливный бак — двигатель — резонансная труба — глушитель — трансмиссия — гребной винт.

Места крепления на модели «узелочки» — кордовой нити определяют

расчетную схему прочности и в сочетании со значением ожидаемой скорости (скорость мирового рекорда плюс 10 км/ч) позволяют решить задачу общей продольной прочности модели. Подобрать материалы, из которых будет изготовлена модель, определяют сечения деталей набора корпуса, которые обеспечивают продольную прочность. Затем выбирается одна из принципиальных конструктивных схем модели, которые отличаются расположением и количеством поплавков. С учетом численного значения центробежной силы, зависящей от массы модели и ожидаемой скорости движения по кругу, определяют площадь и углы глиссирующих поверхностей поплавков и несущей части корпуса модели.

Заключительным этапом проектирования является изготовление чертежей общего вида и отдельных узлов скоростной кордовой модели.

Построенную модель необходимо испытать на аквадроме до участия в соревнованиях и убедиться в том, что ее ходовые качества удовлетворительны. Практика показала, что в большинстве случаев вновь построенные модели движутся по дистанции неустойчиво в вертикальной и горизонтальной плоскостях либо могут даже не стартовать. Причин нежелательного поведения модели на дистанции много, но все они сводятся к несбалансированности возникающих на модели сил и моментов при ее движении.

Тренировочный процесс «на воде» заключается в том, чтобы добиться от модели движения по дистанции в режиме «планирования» с удовлетворительной скоростью, когда единственной точкой касания моделью водной поверхности является частично погруженный винт. В судомодельной лаборатории разработаны методики тренировок и наладки скоростных кордовых моделей.

Спортсмены-судомоделюв ДВГМА, выступая на соревнованиях по судомодельному спорту на чемпионате России, проходившем в городе Брянске с 2 по 6 июля 1999 г., стали чемпионами в общекомандном зачете. В личном зачете чемпионами России стали автор Владислав Субботин, мастер спорта международного класса Захар Субботин, кандидат в мастера спорта Юрий Литвиненко.

Наши спортсмены приняли участие в одиннадцатом чемпионате Мира, который проходил в болгарском городе Пазарджик с 24 по 29 августа 1999 г. Чемпионами мира стали: Владислав Субботин — класс моделей А-3, кандидат в мастера спорта Михаил Золотуев — в классах моделей А-1 и А-2, кандидат в мастера спорта Андрей Суница — в классе А-3. Юрий Литвиненко занял 2-е место в классе А-3, Захар Субботин — 3-е место в классе А-2 среди взрослых спортсменов. Бронзовые медали чемпионата мира среди юношей завоевали Андрей Суница в классе А-2 и Михаил Золотуев в классе А-3.

Было установлено три новых мировых рекорда: класс А-2, юноши — Михаил Золотуев — 201,795 км/ч; класс А-3, юноши — Андрей Суница — 201,522 км/ч; класс А-2, взрослые — Владислав Субботин — 218,871 км/ч, и ему же принадлежит ранее установленный рекорд в классе А-3, который равен 219,6 км/ч. Всего в судомодельной лаборатории воспитано 27 мастеров спорта, шесть мастеров спорта международного класса, чемпионы и рекордсмены России, СССР, Европы и мира.

Мы гордимся такими спортсменами — воспитанниками судомодель-

ной лаборатории ДВГМА, как заместитель министра транспорта Александр Луговец; докт. техн. наук профессор мастер спорта Иван Друзь; заместитель директора ДНИИМФ канд. техн. наук мастер спорта Евгений Новосельцев; канд. техн. наук профессор мастер спорта Дмитрий Николаев; канд. техн. наук доцент кандидат в мастера спорта Михаил Москаленко, канд. техн. наук доцент мастер спорта Евгений Кончаков, и многими другими.

В. А. Субботин,
профессор ДВГМА

«VOYAGER OF THE SEAS» — КРУПНЕЙШИЙ В МИРЕ КРУИЗНЫЙ ЛАЙНЕР

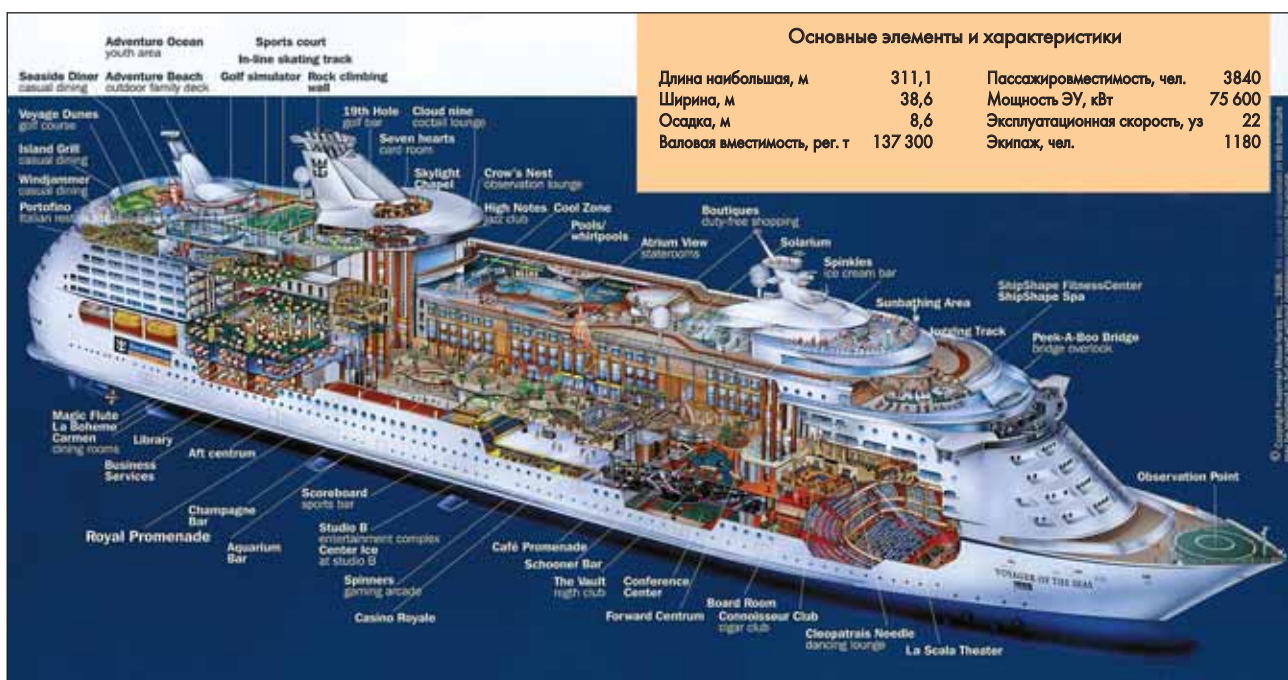
29 октября 1999 г. крупнейший в мире круизный лайнер «Voyager of the Seas» (головной в серии из 3 ед.), построенный на финской верфи Turku New Shipyard, которая входит в Kvaerner Masa-Yards, был передан заказчику — компании Royal Caribbean International.

Его характеристики впечатляют: валовая вместимость 137 300 рег. т, пассажировместимость 3840 чел. (1557 кают), экипаж — 1180 чел.

(667 кают), наибольшая длина 311,1 м, максимальная ширина по ватерлинии 38,6, а по крыльям ходового мостика — 47,4 м, общая высота от килля до верхней части дымовой трубы 72,3 м.

На 15-палубном судне (класс «пост-панамакс») для удобства и развлечения пассажиров применены уникальные проектные решения, касающиеся общего расположения, интерьеров и дизайна помещений. Одной из

особенностей лайнера является внутренняя 120-метровая прогулочная палуба «Royal Promenade», расположенная в средней части судна (по ДП) и простирающаяся по высоте на четыре палубы; заканчивается она носовым и кормовым атриумами («Centrums») — на 11 палуб по высоте. Почти 10% пассажирских кают (138) имеют выход в эту зону в виде застекленных выступающих «фонарей». Как бы воспроизводя одну из



Круизный лайнер «Voyager of the Seas»



Первые два лайнера проекта «Eagle» на верфи в Турку

улиц Лондона, на палубе «Royal Promenade» есть рестораны, магазины, паб, кафетерии, игровой центр, бары и т. п.

В носовой части лайнера расположен театральный зал «La Scala Theater» на 1350 чел. Главный ресторан рассчитан на 2100 чел. На одной из нижних палуб находится каток с трибунами для 900 зрителей. Предусмотрены даже специальная 10-метровая стенка для тренировки скалолазов и часовня для венчаний.

Дизель-электрическая энергетическая установка судна включает в себя шесть главных дизелей марки Wärtsilä 12V46С суммарной мощностью 75 600 кВт. Мощность судовой электростанции составляет 73 800 кВт. Пропульсивный комплекс состоит из трех установок типа «Azipod» (бортовые — полноповоротные, по ДП — фиксированная)



«Royal Promenade»



Каток в развлекательном комплексе

мощностью 3 x 14 000 кВт и обеспечивает эксплуатационную скорость 22 уз. Повышению маневренности способствуют четыре носовых подруливающих устройства туннельного типа (4 x 3000 кВт).

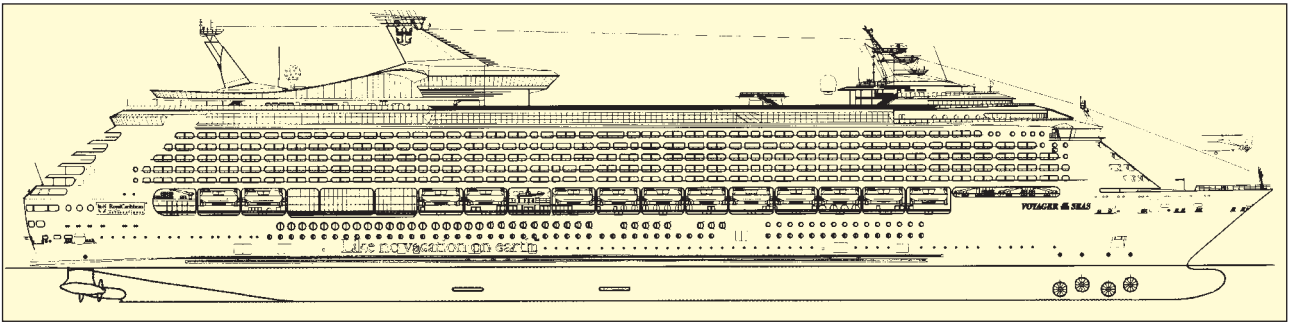
Ходовые испытания показали, что судно может двигаться даже бортом вперед со скоростью 3 уз. Система динамического позиционирования позволит лайнеру не использовать якоря при стоянках у коралловых островов, которые очень чувствительны к таким воздействиям.

Особое внимание уделено защите окружающей среды от загрязнения. Для переработки отходов на палубе № 1 установлен специальный

комплекс оборудования: мусоросжигательное устройство, системы обработки пищевых отходов, стекла, металла, бумаги и золы, включая упаковку и складирование.

Рулевая рубка отличается от других круизных судов наличием специальной интегрированной навигационной консоли с системой электронных карт, которая постоянно обслуживается лишь двумя офицерами.

Высокая степень надежности судовых систем и устройств обеспечивается, с одной стороны, избыточностью мощностных параметров, а с другой — делением на зоны, которые могут работать независимо друг от друга. Так, например, энергетическая установка и соответствующие системы состоят из двух независимых



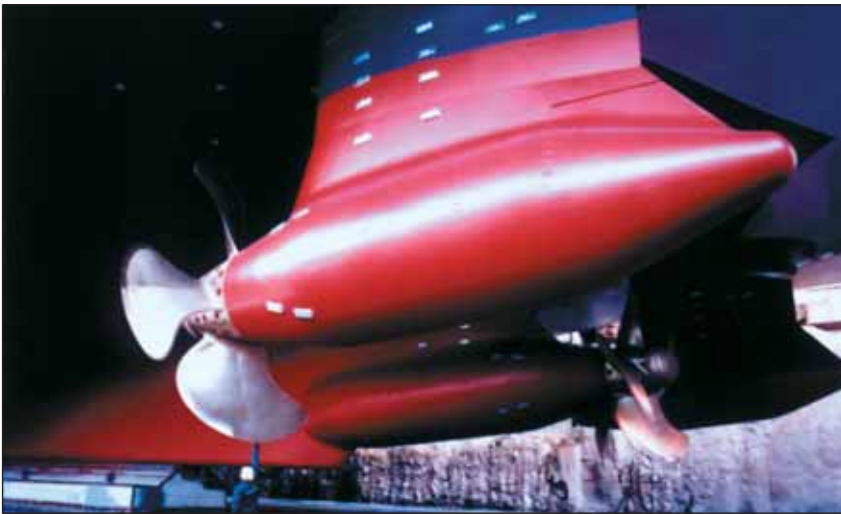
Боковой вид

частей (так называемая концепция «половины судна»), начиная от «топ-

контракта. Многие субподрядчики работали «под ключ». В разработке

50 тыс. м² ковровых покрытий, 15,5 тыс. стульев, 4100 различных произведений искусства стоимостью 12 млн дол., свыше 400 игровых автоматов для казино. Общая площадь помещений, обслуживаемых системой кондиционирования воздуха (1850 тыс. м³/ч) превысила 90 тыс. м². Из них 30 тыс. — общественные помещения. На судне использована 61 тыс. электрических выключателей и розеток, около 3 тыс. км электрокабелей, примерно 15 тыс. автоматических устройств, 140 км труб диаметром более дюйма. Для заполнения всех бассейнов и джакузи требуется 350 т воды, а для аквариумов — 31 т. Площадь иллюминаторов 5 тыс. м².

В свой первый рейс лайнер «Voyager of the Seas» отправился в



Пропульсивный комплекс. Гребные винты изготовлены ГМП «Звездочка»

ливных танков до гребных винтов». Тот же принцип использован для систем электроснабжения, телефонной связи, сигнализации и др.

Предэскизный, концептуальный проект лайнера («Project Eagle») разработан Kvaerner Masa-Yards Technology в тесной кооперации с компанией-заказчиком. Соглашение о создании двух судов было заключено в ноябре 1996 г., а контракт на постройку головного лайнера Royal Caribbean Cruises Ltd. и Kvaerner Masa-Yards Inc. подписали в начале января 1997 г. Спустя примерно два месяца был выдан заказ на второе аналогичное судно и опцион на третьем (утвержден в январе 1998 г.).

Постройка лайнера «Voyager of the Seas» началась в сентябре 1997 г., вывод из строительного дока состоялся 27 ноября 1998 г., а в начале июля 1999 г. успешно были завершены десятидневные ходовые испытания. Судно построили по правилам Det Norske Veritas менее чем за три года с момента заключения



Во время ходовых испытаний

проектов помещений кроме специалистов верфи участвовал ряд известных норвежских, американских, шведских и английских фирм.

Некоторые любопытные детали, которые характеризуют судно: общий объем помещений 450 тыс. м³, суммарная площадь палуб 137 тыс. м², корпус состоит примерно из 300 тыс. деталей (площадь листовых — 300 тыс. м², длина профилей 200 км). Для судна потребовалось

Майами. Оттуда он будет совершать семидневные круизы в Карибском бассейне.

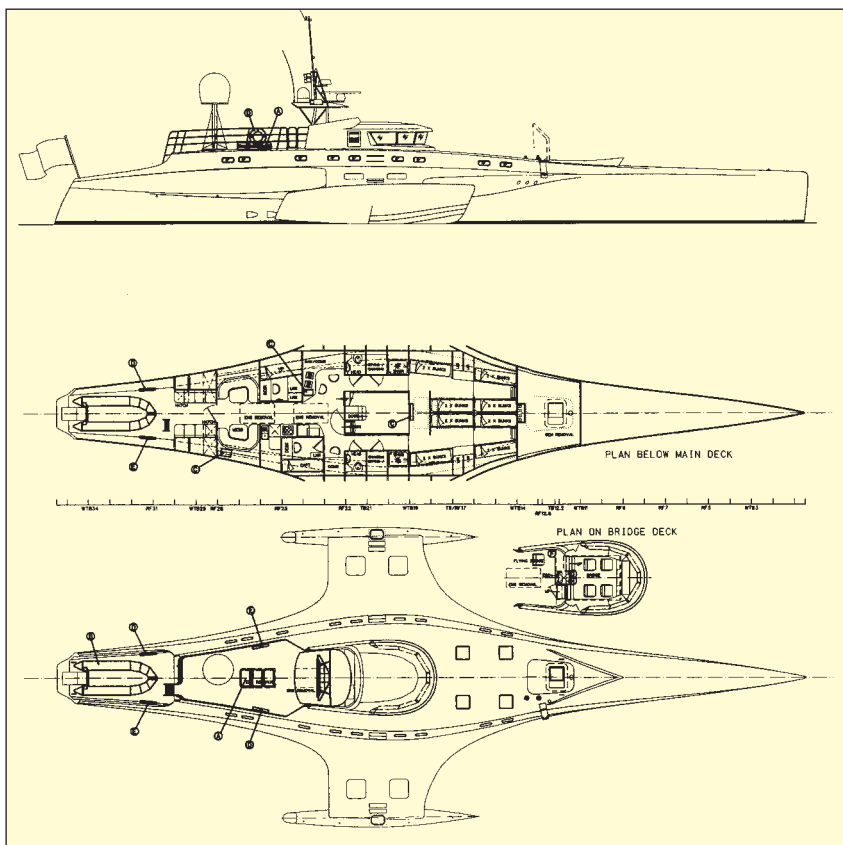
Второе судно «Explorer of the Seas» планируется сдать осенью 2000 г., третье — «Adventure of the Seas» — весной 2002 г. Суммарная стоимость трех лайнеров — свыше 1,5 млрд дол.

Фото Йоуни Сааристо

ЗАРУБЕЖНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Рекордсмен 1998 г. в кругосветных гонках тримаран «Cable & Wireless Adventurer» рассматривается английскими судостроителями как прототип для создания серии подобных судов, включая патрульное длиной 25 м, пассажирское (35 м) и скоростное грузовое (50 м). Тримаран «Cable & Wireless Adventurer» был построен за десять месяцев в марте 1998 г. английской верфью Vosper Thornycroft по проекту английской фирмы Nigel Irens Design для компании Transoceanic Adventures Ltd, UK. Его длина 35 м, ширина 16 м, осадка 1,61 м, водоизмещение 45 т, дальность плавания 2300 миль. Два дизеля марки «Cummins» 6СТА8.3М мощностью по 261 кВт при 2500 об/мин через редукторы «Twin Disc» MG-5111SC приводят во вращение два четырехлопастных гребных винта диаметром 0,65 м, обеспечивая максимальную скорость 22 уз. Корпус судна построен из композитного материала, включающего в себя дерево, эпоксидную смолу и стеклопластик. Рекордное плавание началось и завершилось в Гибралтаре. Чтобы пройти 26 000 миль вокруг земного шара тримарану потребовалось 74 дня 20 ч 58 мин (*Significant Small Craft of 1998. RINA. 1999. P. 11, 12*).

Примерно на 30% увеличится объем заказов на судоремонт в ближайшем десятилетии, отмечается в исследовании, проведенном фирмой Ocean Shipping Consultants. Это связано, главным образом, с общим старением транспортного флота в мире. В настоящее время суда со средним возрастом свыше 15 лет составляют 46%, а в 1988 г. таких судов было 30%, в 1980 г. — 20%. Большую группу составляют суда с возрастом 20—24 года — это около 112 млн рег. т; а свыше 25 лет — до 50 млн рег. т. Увеличение заказов на ремонт контейнеровозов прогнозируется на уровне 24,8% в период до 2005 г. и на 43% в следующее пятилетие. Для танкеров и балкеров рост составит 24% к 2010 г.; эти типы транспортных судов обеспечат примерно 60% загрузки судоремонт-



Тримаран «Cable & Wireless Adventurer»

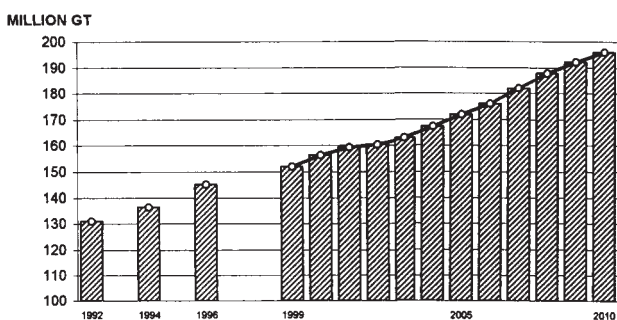
ных предприятий. Существенно возрастает число требующих ремонта судов дедвейтом 25 000—50 000 т (на 39,6%) и 50 000—80 000 т (на 49,1%). В отношении судов дедвейтом свыше 200 000 т прогноз дает рост 8,2% к 2005 г. и 12,7% к 2010 г.

В то же время конкуренция на судоремонтном рынке сохранится достаточно жесткая. Верфи стремятся снизить затраты и повысить продуктивность. Поэтому рост цен на судоремонт по сравнению с 1998 г. прогнозируется на уровне 10—15% к 2005 г. (*Ship Repair. A Motor Ship Supplement. 1999. XII. Vol. 11. N 37. P. 7*).

После переоборудования в Мексике яхта «Giant», полагают, стала первым в мире судном такого класса, способным плавать во льдах. В процессе двухлетних работ бывший российский буксир-спасатель ледового плавания (длина 75 м, валовая

вместимость 1654 рег. т, построен на голландской верфи ИНС в 1973 г.) превратился в роскошное судно, на котором есть все необходимое для любителей путешествий и приключений. На судне предусмотрены 12 кают для 28 пассажиров, кинозал, спортзал, сауна, джакузи, вертолетная площадка (и вертолет Augusta 109MkII), два катера, помещение для автомобилей и т. д. Экипаж из 24 чел. размещается в 12 каютах. На судне оставлены старые двигатели — два дизеля Smit-Bolnes 308HDK мощностью по 2500 кВт обеспечивают эксплуатационную скорость 15 уз и дальность плавания 20 000 миль при запасах топлива 500 т. Судно начало эксплуатироваться компанией Camper & Nicholson's в конце 1999 г. (*Shiprepair and Conversion Technology. 1999. 4th Quarter. P. 9*).

Аргентинская верфь Sanym в Буэнос-Айресе планирует развитие судоремонтных и судостроительных



Прогноз потребности в судоремонте в мире на период до 2010 г. (Ocean Shipping Consultants)



Яхта ледового плавания «Giant»

мощностей. После приватизации она намерена создать в Буэнос-Айресе новую судоремонтную верфь Astillero Buenos Aires, основой которой станут плавдок грузоподъемностью 12 000 т и 400-метровый ремонтный причал. Судостроительную верфь Astillero Santa Cruz намечено построить в южной части Аргентины, 2000 км южнее столицы. Она будет предназначена для постройки рыболовных судов, судов для освоения шельфа, модулей и других конструкций для нефтедобывающих платформ, а также судоремонта. Верфь будет оборудована судоподъемной системой на 20 000 т (*Shiprepair and Conversion Technology. 1999. 4th Quarter. P. 22, 23*).

Безопасность и простота эксплуатации были в числе основных требований к двум крупнейшим в мире якорно-буксирным лебедкам, заказанным компанией AP Moller финской фирме Rauma Winches (KAMEWA Finland). Каждая лебедка имеет массу 775 т, габариты 6,3 x 12,8 x 8,5 м и развивает усилие в 6000 кН. Лебедки предназначены для двух специализированных судов — якорезавозчиков, предназначенных для обслуживания морских буровых установок. Суда строятся на немецкой верфи Volkswerft Stralsund, сдача головного была запланирована на январь 2000 г. (*Marine Solutions. 1999. N 2. P. 12—13*).

Подсистема обстройки недавно включена испанской фирмой SENER Ingenieria y Systemas S. A. в ее известную судостроительную CAD/CAM/CIM систему FORAN V40. Она представлена в виде полностью интегрированного в систему модуля «Accommodation», который позволяет пользователю выполнять в двух- и трехмерных режимах про-

ектные задачи, относящиеся к обстройке (установка выгородок, планировка помещений, расположение дверей, иллюминаторов и т. п.). Основные возможности модуля: добавление в существующую модель судна необходимой информации; получение чертежей размещения и совмещенных чертежей; получение ведомостей заказа материалов и изделий; проверка соответствия принятых решений другим элементом судна. При этом можно, например, использовать данные из других модулей системы, редактировать и дополнять полученные чертежи, использовать информацию из предыдущих проектов (FORAN News).

«Poseidon ND» — новая версия программного обеспечения для интерактивного проектирования корпусных конструкций, разработанная классификационным обществом Germanischer Lloyd (индекс ND означает «New Design»). Программа предоставляет пользователю новые возможности благодаря упрощению взаимодействия с компьютером, ускорению вычислений, общему повышению эффективности программы. Версия работает в операционной среде Windows 95, 98, 2000, NT (*GL Presseinformation. 1999. 16/XII*).

На 4,8% снизилась в среднем цена на новый танкер класса VLCC

в 1999 г. По данным лондонской брокерской фирмы Clarkson стоимость танкера дедвейтом 300 000 т в среднем составляла 69 млн дол., а в 1998 г. — 72,5 млн дол., в 1997 г. — 83 млн дол. Танкер типа «суэцмакс» стоил 42,5 млн дол. (в 1998 г. — 44 млн дол.), «афрамакс» — 33 млн дол. (в 1998 г. — 34,5 млн дол.).

О планах использования на создаваемых эсминцах типа DD-21 единого электропривода для пропульсивного комплекса и других корабельных потребителей электроэнергии объявили ВМС США. Это позволит отказаться на этих кораблях, которые должны отвечать требованиям стелс-технологий, от длинных гребных валов, зубчатых передач, являющихся источником шума; интегрированная энергетическая установка на базе дизелей или турбин обеспечит уменьшение потребных внутренних объемов, исключение некоторого оборудования. Вместо обычной для данного класса кораблей команды примерно в 300 чел. на новых эсминцах, которые должны войти в строй в этом десятилетии, будет около 95 чел. Разработкой эсминца и его энергетической установкой занимаются на конкурсной основе две группы компаний: Bath Iron Works и Lockheed Martin; Ingalls Shipyard и Raytheon.



Подготовка к транспортировке на барже крупнейшей в мире судовой лебедки, развивающей усилие 6000 кН

Высокоскоростные автомобильно-пассажирские паромы типа «Corsaire» строит французская верфь Alstom Leroux Naval. После заключения в прошлом году контракта с греческой компанией Nel Lines на постройку парома типа «Corsaire-12000» (120 м, 1000 пассажиров, 210 автомобилей, 36 уз), который должен быть сдан в первом квартале 2000 г., эта же компания разместила заказ еще на два судна. Это — «Corsaire-14000» (140 м, 1800 пассажиров, 400 автомобилей, 40 уз) и «Corsaire-1000» (103 м, 800 пассажиров, 190 автомобилей, 35 уз). Суда будут построены в середине 2001 г. Еще один паром — «Corsaire-13000» (134 м, 1200 пассажиров, 350 автомобилей, 42 уз) — строится для компании Societe Nationale Corse-Mediterranee (Корсика).

Крупный заказ на постройку для ВМС ЮАР четырех фрегатов и трех дизель-электрических подводных лодок получили немецкие верфи. Общая сумма контрактов составляет 3,6 млрд нем. марок. Постройкой фрегатов по типу «Меко» будет заниматься консорциум, включающий в себя Blohm + Voss, HDW и Thyssen Rhein Stahl Technik. Корабли должны быть построены в 2003—2005 гг. Подводные лодки типа 209/1400 будет строить консорциум, объединивший HDW, Thyssen Nordseewerke и Ferrostaal. Лодки должны быть сданы заказчику в 2005—2007 гг. (*New Ships. Schiff & Hafen Newsletter. 2000. N 3; 1999. N 50, 48*).

Заказы на новые суда на верфях КНР достигли 8,57 млн т в 1999 г.,



Новый модуль системы FORAN V40 обеспечивает решение проектных задач, относящихся к обстройке судовых помещений

что вдвое превысило уровень 1998 г. Рекордный уровень объясняется главным образом низкими ценами. Более 60% заказов размещено на верфях двух объединений — China Shipbuilding Industry Corp. (CSIC) и China State Shipbuilding Corp. (CSSC), причем большинство из них — танкеры для перевозки сырой нефти и балкеры типа «панамакс». Примерно 80% заказов приходится на компании из Греции, Италии, Дании, а также Ирана и других азиатских стран. В прошлом году CSIC и CSSC инвестировали в судостроительную отрасль свыше 240 млн дол., чтобы повысить производительность труда и конкурентоспособность верфей. Президент CSSC заявил, что целью

фирмы является войти к 2005 г. в пятерку лидеров судостроения в мире, удвоив к этому времени свои производственные мощности (*Fairplay. 2000. 27/1. P. 12*).

Крупнейшее в мире и наиболее современное предприятие по разделке судов планируется открыть в Индии в апреле 2000 г. Предприятие стоимостью 80 млн дол. создано с помощью японских фирм вблизи Аланга. Оно имеет два сухих дока размерами 700 x 60 м и способно разделить на лом восемь танкеров класса VLCC в год. Кредиты на постройку верфи в размере 85% от ее стоимости предоставил японский фонд Overseas Economic Cooperation Fund (*Fairplay. 1999. 23/XII. P. 12*).

ПОЛОЖЕНИЕ О РОССИЙСКОМ АГЕНТСТВЕ ПО СУДОСТРОЕНИЮ

Утверждено постановлением Правительства Российской Федерации
от 21 декабря 1999 г. № 1418

1. Российское агентство по судостроению (Россудостроение) является федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим исполнительные, контрольные, разрешительные, регулирующие и другие функции в сфере судостроительной промышленности, включая научные исследования, разработку, производство, модернизацию и утилизацию продукции военного и гражданского судостроения.

Российское агентство по судостроению обеспечивает реализацию государственной политики в области судостроительной промышленности, является государственным заказчиком федеральных целевых программ и работ научно-технического назначения в сфере судостроения, выполняемых для государственных нужд.

В ведении Российского агентства по судостроению находятся государственные предприятия и организации судостроительной промышленности.

Российское агентство по судостроению осуществляет свою деятельность во взаимодействии с соответствующими федеральными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органами местного самоуправления, общественными объединениями и иными организациями.

2. Российское агентство по судостроению руководствуется в своей деятельности Конституцией Российской Федерации, федеральными конституционными законами, федеральными законами, указами и распоряжениями Президента Рос-

сийской Федерации, постановлениями и распоряжениями Правительства Российской Федерации, а также настоящим Положением.

3. Основными задачами Российского агентства по судостроению являются:

1) формирование и обеспечение реализации совместного с заинтересованными федеральными органами исполнительной власти государственной научно-технической и промышленной политики в сфере судостроения, направленной на обеспечение конкурентоспособности производимой продукции, развитие и эффективное использование научно-технического и производственного потенциала, внедрение прогрессивных технологий;

2) организация и координация работ по военному судостроению и судостроению двойного назначения в интересах обороны и безопасности государства (при сохранении за Министерством обороны (МО) РФ и другими федеральными органами исполнительной власти функций государственных заказчиков указанной техники);

3) разработка совместно с Министерством экономики (МЭ) РФ, Министерством науки и технологий РФ, Российской академией наук, заинтересованными федеральными органами исполнительной власти и организациями и представление в установленном порядке проектов федеральных целевых и межгосударственных программ, относящихся к сфере судостроения, доведение их до соответствующих предприятий и организаций;

4) участие совместно с МО РФ и другими государственными заказчиками в формировании государственной программы вооружения, государственного оборонного заказа, включая проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по разработке нового вооружения и военной техники, подготовку их серийного производства, создание необходимой испытательной стендовой базы, а также организация их выполнения;

5) выполнение функций заказчика разработок и производства продукции судостроительной промышленности научно-технического и социально-экономического назначения, осуществляемых в том числе с использованием внебюджетных источников финансирования;

6) обеспечение совместно с МО РФ и другими государственными заказчиками выполнения государственной программы вооружения и государственного оборонного заказа в части судостроения на предприятиях и в организациях судостроительной промышленности;

7) обеспечение выполнения федеральных целевых программ в области судостроения и морской техники, а также работ по созданию и использованию продукции судостроительной промышленности в научных и социально-экономических целях, проводимых в том числе в рамках реализации международных проектов;

8) развитие совместно с заинтересованными федеральными органами исполнительной власти научно-исследовательской, испытательной, стендовой и производственной базы судостроительной промышленности, создание научно-технического и технологического задела для развития судостроения;

9) проведение реструктуризации и конверсии судостроительной промышленности, разработка предложений по созданию крупных конкурентоспособных объединений;

10) организация внешнеэкономической деятельности находящихся в ведении Агентства предприятий и организаций по разработке и производству вооружения и военной техники в сфере судостроения, продукции гражданского и двойного назначения;

11) организация и координация работ по коммерческим проектам в сфере судостроения и содействие их осуществлению;

12) реализация межправительственных соглашений и международных обязательств РФ в сфере судостроения и

участие в пределах своей компетенции в формировании рынка продукции судостроительной промышленности и развитии взаимовыгодного сотрудничества с иностранными организациями;

13) реализация государственной политики в области стандартизации, унификации, метрологии и управления качеством продукции судостроительной промышленности;

14) организация сертификации продукции судостроения, услуг гражданского назначения, систем качества и производства;

15) лицензирование деятельности организаций — работодчиков и производителей продукции судостроительной промышленности военного назначения по ее производству, ремонту и утилизации;

16) организация разработки и выполнения на предприятиях и в организациях судостроительной промышленности независимо от формы собственности мероприятий по мобилизационной подготовке и гражданской обороне в соответствии с законодательством РФ;

17) обеспечение выполнения работ по гарантийному и авторскому надзору, промышленной утилизации и уничтожению выводимой из эксплуатации военной техники, выпускаемой предприятиями и организациями, находящимися в ведении Агентства;

18) внедрение новых высокоэффективных форм подготовки и переподготовки кадров в условиях конверсии и структурной перестройки судостроительной промышленности;

19) обеспечение промышленной и экологической безопасности на предприятиях и в организациях, находящихся в ведении Агентства;

20) организация и координация работ по созданию новых типов судового комплектующего оборудования и судостроительных материалов и их импортозамещению.

4. Российское агентство по судостроению в соответствии с возложенными на него основными задачами осуществляет следующие функции:

1) организует совместно с заинтересованными федеральными органами исполнительной власти и организациями системные исследования с целью определения и обоснования основных направлений развития производства продукции судостроительной промышленности различного назначения и ее тактико-технических характеристик;

2) определяет совместно с заинтересованными федеральными органами исполнительной власти и организациями приоритетные научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, объемы закупок и поставок продукции судостроительной промышленности, необходимые для выполнения федеральных целевых программ в сфере судостроения, участвует совместно с МО РФ и другими государственными заказчиками в определении приоритетных работ, объемов поставок, разработчиков и поставщиков продукции (в том числе на конкурсной основе) в целях реализации государственной программы вооружения и государственного оборонного заказа;

3) подготавливает и представляет в МЭ РФ, Министерство финансов РФ и Министерство науки и технологий РФ бюджетную заявку на очередной год с целью обеспечения финансирования федеральных целевых программ и проектов, относящихся к сфере деятельности Агентства;

4) участвует совместно с МО РФ и другими заинтересованными федеральными органами исполнительной власти в разработке предложений по обеспечению обороноспособности РФ, а также в разработке, реализации и контроле за выполнением международных договоров по сокращению и ликвидации вооружений;

5) осуществляет координацию и государственное регулирование деятельности находящихся в сфере его ведения предприятий и организаций по разработке, производству, модернизации и утилизации продукции судостроительной промышленности различного назначения, оказанию услуг по ее эксплуатации и ремонту, в том числе за рубежом;

6) участвует совместно с МО РФ и другими заинтересованными федеральными органами исполнительной власти в подготовке предложений о принятии продукции судостроительной промышленности в эксплуатацию и на вооружение;

7) утверждает по согласованию с заинтересованными федеральными органами исполнительной власти в соответствии с законодательством Российской Федерации нормативно-технические документы, определяющие порядок разработки, испытаний и эксплуатации продукции судостроительной промышленности, обеспечения безопасности при проведении этих работ, обязательные для исполнения участвующими в работах предприятиями и организациями (в части работ, выполняемых в рамках государственной программы вооружения и государственного оборонного заказа, указанные документы утверждаются совместно с МО РФ);

8) участвует в подготовке стандартов, применяемых при создании и эксплуатации продукции судостроительной промышленности, а также в проведении работ по ее международной стандартизации;

9) организует проведение работ по стандартизации, унификации и каталогизации продукции судостроительной промышленности в соответствии с законодательством РФ, обеспечивает совместимость отечественных норм и стандартов с международными;

10) выдает по согласованию с заинтересованными федеральными органами исполнительной власти технические задания на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, заказчиком которых является Агентство;

11) заключает договоры (контракты) на проведение фундаментальных, научно-исследовательских, экспериментальных и опытно-конструкторских работ, а также технологических работ, связанных с созданием и эксплуатацией продукции судостроительной промышленности, поддержанием и развитием объектов испытательной и экспериментальной базы, капитальными строительством и выполнением других задач, возложенных на Агентство;

12) проводит экспертизу проектов кораблей и судов, специальных образцов морской техники и утверждает проекты строительства, расширения, реконструкции и технического перевооружения предприятий и организаций, находящихся в ведении Агентства;

13) финансирует строительство объектов экспериментальной и стендовой базы, а также объектов предприятий и организаций, находящихся в ведении Агентства, в соответствии с государственной программой вооружения и государственным оборонным заказом;

14) разрабатывает совместно с МО РФ предложения по долевым финансированию научно-исследовательских, экспериментальных и опытно-конструкторских работ по продукции судостроительной промышленности двойного назначения;

15) обеспечивает совместно с МО РФ, Министерством науки и технологий, Российской академией наук, заинтересованными федеральными органами исполнительной власти и организациями создание новых технологий, материалов и научно-технического задела для разработки перспективных образцов продукции судостроительной промышленности;

16) привлекает внебюджетные финансовые средства и создает в установленном законодательством РФ порядке внебюджетные фонды для реализации федеральных целевых программ и выполнения работ, отнесенных к компетенции Агентства;

17) заключает в установленном порядке договоры с зарубежными партнерами о выполнении работ (в том числе на коммерческой основе) в рамках международных программ и проектов в сфере судостроения;

18) взаимодействует с соответствующими органами иностранных государств, в том числе государств — участников СНГ, при реализации международных договоров в сфере судостроения;

19) представляет РФ в соответствии со своей компетенцией в международных организациях, действующих в сфере судостроения;

20) реализует международные договоры РФ о производственной кооперации государств — участников СНГ в сфере судостроения;

21) обеспечивает контроль за расчетами между организациями — разработчиками и производителями продукции судостроительной промышленности военного назначения при осуществлении военно-технического сотрудничества с иностранными государствами;

22) определяет в установленном порядке предприятия и организации, являющиеся разработчиками и производителями продукции судостроительной промышленности военного назначения, участвующие в выполнении зарубежных контрактов на поставку продукции военного назначения;

23) осуществляет в пределах своей компетенции контроль за использованием федеральной собственности, средств федерального бюджета, кредитов и внебюджетных средств, по согласованию с Министерством государственного имущества РФ проводит документальные и иные проверки (ревизии, инвентаризации) деятельности предприятий и организаций, находящихся в ведении Агентства;

24) разрабатывает и вносит в установленном порядке предложения по формированию и осуществлению налоговой, финансовой, кредитной, ценовой политики и по другим вопросам, связанным с научно-производственной, социальной и хозяйственной деятельностью предприятий и организаций, находящихся в ведении Агентства;

25) организует работу по структурной перестройке судостроительной промышленности, разрабатывает предложения о создании, реорганизации и ликвидации предприятий и организаций, находящихся в ведении Агентства, а также о присвоении предприятиям и организациям судостроительной промышленности статуса государственного научного центра РФ или федерального научно-производственного центра;

26) участвует в разработке и реализации программы приватизации, развитии предпринимательства и конкуренции, формированию внутренних и международных кооперационных связей;

27) вносит в установленном порядке предложения по кандидатам в советы директоров (наблюдательные советы), ревизионные комиссии и исполнительные органы открытых акционерных обществ судостроительной промышленности, а также по кандидатурам представителей для голосования на общих собраниях акционеров акциями, находящимися в собственности Российской Федерации;

28) участвует совместно с МЭ РФ в конкурсном отборе инвестиционных программ конверсии предприятий и организаций судостроительной промышленности, а также высокоэффективных проектов, требующих государственной поддержки и гарантий, и осуществляет в установленном порядке контроль за их реализацией;

29) принимает участие в разработке мероприятий по финансовому оздоровлению и предотвращению банкротства предприятий и организаций судостроительной промышленности;

30) организует совместно с заинтересованными федеральными органами исполнительной власти, предприятиями и организациями маркетинговые исследования, разрабатывает долгосрочные и краткосрочные прогнозы развития судостроительной промышленности;

31) организует работу по созданию информационных систем и баз данных по направлениям своей деятельности и формирует сводную бухгалтерскую и статистическую отчетность по предприятиям и организациям, находящимся в ведении Агентства;

32) принимает совместно с Федеральным агентством по правовой защите результатов интеллектуальной деятельности военного, специального и двойного назначения при

Министерстве юстиции РФ меры по правовой защите интересов государства в процессе экономического и гражданско-правового оборота результатов интеллектуальной деятельности в сфере судостроения, полученных за счет средств федерального бюджета;

33) разрабатывает предложения по вопросам обеспечения безопасности, проводит на предприятиях и в организациях, находящихся в ведении Агентства, единую политику в области защиты сведений, составляющих государственную тайну, и сохранения коммерческой тайны;

34) координирует деятельность предприятий и организаций, находящихся в ведении Агентства, в области организации ведомственной охраны, пожарной безопасности, безопасных условий труда и обеспечения безопасности эксплуатации взрывоопасных производств;

35) информирует общественность о деятельности Агентства, организует совместно с заинтересованными федеральными органами исполнительной власти выставки научно-технических достижений, подготовку и издание специализированных журналов, бюллетеней, других научно-технических материалов и литературы в сфере судостроения;

36) принимает в установленном порядке иностранные делегации и направляет делегации специалистов за рубеж;

37) образует по согласованию с заинтересованными федеральными органами исполнительной власти координационные советы по направлениям создания продукции судостроительной промышленности гражданского назначения;

38) привлекает на договорной основе экспертов для консультаций, подготовки и рассмотрения вопросов, касающихся деятельности Агентства, формирует временные творческие коллективы и рабочие группы для решения отдельных научно-технических проблем;

39) запрашивает у федеральных органов исполнительной власти, предприятий и организаций информацию, необходимую для выполнения возложенных на Агентство задач;

40) издает в пределах своей компетенции в порядке, установленном законодательством РФ, нормативные правовые акты и осуществляет контроль за их исполнением;

41) осуществляет другие функции в соответствии с законодательством РФ.

5. Российское агентство по судостроению возглавляет генеральный директор, назначаемый на должность и освобождаемый от должности Правительством РФ.

6. Заместители генерального директора Российского агентства по судостроению назначаются на должность и освобождаются от должности Правительством РФ.

7. Финансирование расходов на содержание центрального аппарата Российского агентства по судостроению осуществляется за счет средств федерального бюджета, предусмотренных на государственное управление.

8. Генеральный директор Российского агентства по судостроению:

1) руководит деятельностью Агентства;

2) несет персональную ответственность за выполнение возложенных на Агентство задач, распределяет обязанности и определяет ответственность своих заместителей и руководителей структурных подразделений Агентства за руководство отдельными областями его деятельности и работу предприятий и организаций, находящихся в ведении Агентства;

3) утверждает структуру и штатное расписание центрального аппарата Агентства в пределах установленных Правительством РФ численности и фонда оплаты труда работников, а также смету расходов на его содержание в пределах ассигнований, предусмотренных в федеральном бюджете на государственное управление;

4) назначает на должность и освобождает от должности руководителей структурных подразделений и других работников центрального аппарата Агентства;

5) решает в соответствии с законодательством РФ о государственной службе вопросы, связанные с прохождением государственной службы в Агентстве;

6) назначает на должность и освобождает от должности руководителей предприятий и организаций, находящихся в ведении Агентства, в установленном порядке заключает, изменяет и расторгает контракты в них, а также утверждает условия этих предприятий и организаций;

7) утверждает положения о структурных подразделениях Агентства;

8) направляет работников Агентства в служебные командировки, в том числе зарубежные, в порядке, установленном законодательством РФ;

9) издает в пределах своей компетенции (в случае необходимости совместно или по согласованию с другими федеральными органами исполнительной власти) приказы и инструкции, подлежащие обязательному исполнению работниками Агентства, а также предприятиями и организациями, находящимися в ведении Агентства;

10) представляет в установленном порядке особо отличившихся работников предприятий и организаций судостроительной промышленности к награждению государственными наградами РФ;

11) учреждает знаки отличия Агентства и награждает ими работников предприятий и организаций судостроительной промышленности, а также иных лиц, принимающих активное участие в создании продукции судостроения.

9. В Российском агентстве по судостроению образуется коллегия в составе генерального директора (председатель коллегии) и его заместителей, входящих в нее по должности, а также руководителей структурных подразделений Агентства, представителей других федеральных органов исполнительной власти, ведущих ученых и специалистов.

Члены коллегии, кроме лиц, входящих в нее по должности, утверждаются Правительством РФ по представлению генерального директора Агентства.

10. Коллегия Российского агентства по судостроению рассматривает на своих заседаниях наиболее важные вопросы обеспечения работ в сфере судостроения, деятельности Агентства, его структурных подразделений, подбора, подготовки и расстановки кадров, социально-экономического развития предприятий и организаций, находящихся в ведении Агентства, а также другие вопросы, относящиеся к его компетенции.

Решения коллегии оформляются протоколами и реализуются, как правило, приказами генерального директора Российского агентства по судостроению.

11. При Российском агентстве по судостроению создается из числа руководящих работников, ученых, конструкторов, высококвалифицированных специалистов Агентства, Российской академии наук, МО РФ, других заинтересованных федеральных органов исполнительной власти, а также предприятий и организаций судостроительной промышленности, представителей общественных объединений и независимых экспертов научно-технический совет, являющийся коллегиальным совещательным органом.

Для проведения политики в области структурной перестройки и конверсии судостроительной промышленности, подготовки предложений по разработке военной и специальной техники, военно-техническому сотрудничеству при Российском агентстве по судостроению создается из числа руководителей предприятий и организаций судостроительной промышленности координационный совет, являющийся консультативным органом.

Составы научно-технического и координационного советов и положения о них утверждаются генеральным директором Российского агентства по судостроению.

12. Российское агентство по судостроению является юридическим лицом, имеет бланк и печать с изображением Государственного герба Российской Федерации и со своим наименованием, бюджетные и иные счета (в том числе в иностранной валюте), открываемые в установленном порядке.

ИСТОРИЯ СУДОСТРОЕНИЯ

РАЗВИТИЕ СУДОХОДСТВА НА ЕНИСЕЕ

А. С. Павлов

В начальный период парового судоходства в Сибири река Енисей не имела большого экономического значения: водный путь в Монголию через Ангару был невозможен из-за порогов, а местные перевозки выполнялись сплавными судами. Паровое судоходство в этих краях было организовано в связи с появлением золотопромышленности.

В 1861 г. была основана компания Енисейского пароходства и торговли, в которую вошли предприниматели Кытманов, Баландин, Грязнов и Калашников, с уставным капиталом 24 тыс. руб. В следующем году компания приступила к постройке первого парохода «Енисей», заложив его 24 июня в Енисейске на реке Мельничной. Корпусом занимался бывший крепостной, столяр-самоучка И. Худяков, механизмы устанавливались под наблюдением механика А. Попова. Котел и машина мощностью 180 сил были доставлены из Екатеринбурга.

В 1884 г. на пароходе во время капитального ремонта был сменен котел, в результате чего машина стала показывать большую мощность. В общей сложности первый енисейский пароход проработал до 1908 г.

Одновременно Кытманов в компании с предпринимателями Ерлыковым и Умановым заказывают второй пароход «Опыт» с машиной высокого давления 60 сил (списан в 1893 г.). Газета «Сибирь» так характеризовала состояние енисейского парового судоходства: «Всех пароходов четыре: «Енисей» и «Опыт» Кытманова и К^о, «Александр» дундинского казака Сотникова и «Александр» Баландина. Пароходы ходят только вниз за рыбой, срочных рейсов нет. Основные рейсы совершаются от Енисейска до Бреховских островов, а также от устья реки Гольчихи и больше никуда...».

В 1878 г. сотниковский пароход покупает Кытманов и переиме-

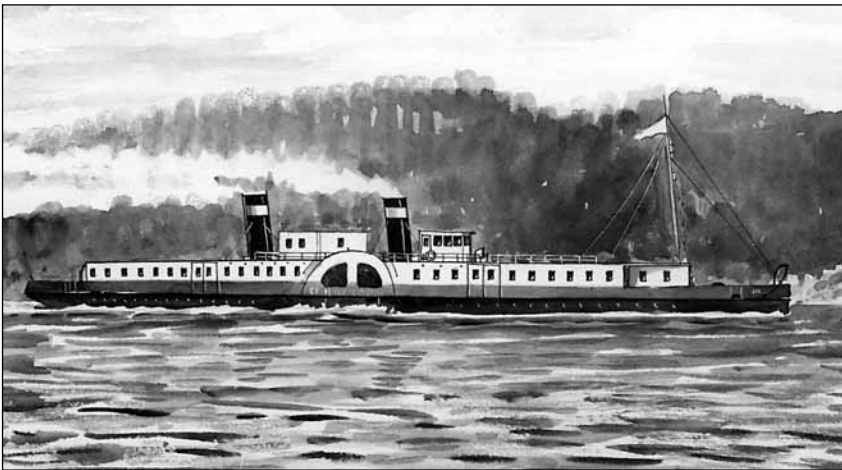
пует этих пароходов были деревянные, механизмы доставлены с заводов Гакса и Гуллета.

А. Норденшельд, который после окончания рейса на «Превене» в 1875 г. поднимался на «Алекса́ндре» в Енисейск, вспоминал, что «его капитан, Иван Михайлович Ячменев, больше разбирался в торговле, чем в судоводительском деле. Его корабль представлял из себя своего рода плавающий магазин. Узнав о цели путешествия, он предоставил нам каюту, а моряков поместил в машинном отделении. Пароход делал частые остановки, то ведя торговлю с местными жителями, то пополняя запасы дров, которые шли на отопление котла. Нередко судно садилось на мель, снималось же с большим трудом и потерей времени...». 31 сентября «Александр» отдал якорь в Енисейске.

На следующую навигацию Норденшельд повторил плавание к устью Енисея — на пароходе «Имер» он поднялся вверх до Мезенкино, где оставил груз и 1 сентября отправился назад.

В 1877 г. исключительный по смелости переход из Енисея в Санкт-Петербург совершила шхуна «Утренняя заря» с русской командой во главе с капитаном Д. Шваненбергом, доставив в столицу образцы сибирских товаров и этнографические коллекции.

В 1878 г., после установления таможенных льгот, фирма Кнопа приводит Северным морским путем построенный в 1870 г. в Штеттине пароход «Москва» с железным корпусом и горизонтальной паровой машиной 200 сил. Через четыре навигации это судно при помощи тросов и якорей преодолевает Казачинский порог, и вечером 14 мая жители Красноярска встретили первый пароход. 16 и 17 мая на «Москве» проводились народные гуляния и прогулки, 24 мая начался первый рейс вверх по Енисею до Минусинска. От А. Н. Гадалова судно переходит к А. И. Иванову, затем его владельцем становится А. Д. Владимиров. С 1908 г. под новым именем «Надежда» пароход включается в состав Енисейского общества пароходства и торговли. В 1911 г. очередной владелец Г. В. Кучеренков пере-



Пароход «Св. Николай», 1912 г. (все рисунки к статье выполнены автором)

20 мая 1863 г. «Енисей», имея на борту 100 местных жителей, отправился в первый пробный рейс продолжительностью два с половиной часа. 31 мая пароход вышел вниз по реке, собрал рыбу в районе промыслов у Бреховских островов, взял баржу с графитом с сидоровских приисков и 19 сентября возвратился в Енисейск.

новывает его в «Николая», с 1881 г. он принадлежит Енисейскому товариществу пароходства и торговли и называется «Игнатий», а в 1906 г. этот буксир был унесен ледоходом и раздавлен.

Баландинский «Александр» (75 сил) в 1889 г. переходит в руки купца Гадалова и под названием «Товарищ» списывается через 10 лет. Кор-

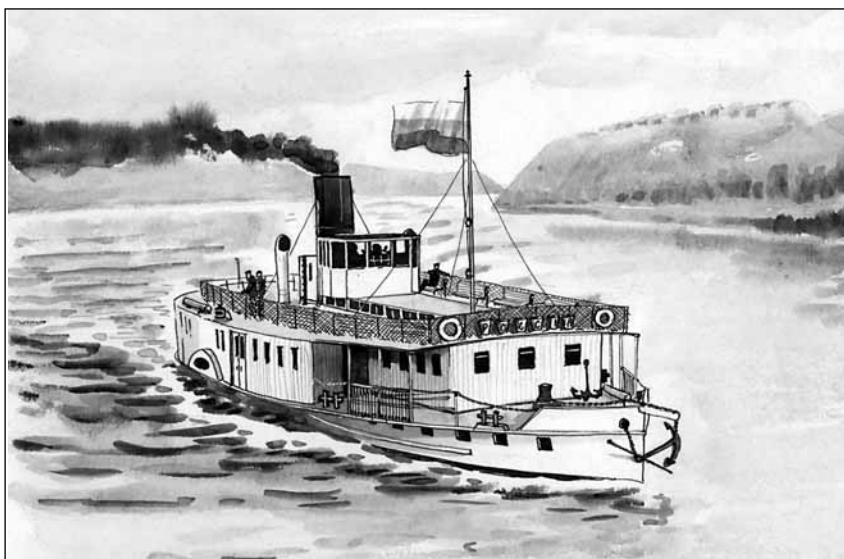
именовывал пароход в «Енисей», в начале 20-х годов он получил № 164, с 1928 г. — наименование «Рыбак». Через несколько навигаций это старейшее на Енисее судно было списано.

Много владельцев и названий было и у парохода «Дальман», пришедшего морем в 1881 г. с экспедицией Кнопа для судоходной компании А. Гадалова. С 1888 г. он называется «Граф Игнатьев», через три года — «Дедушка», с 1918 г. — «Труженик», затем — № 250, с 1933 г. получает название «Чернышевский». Этот колесный буксирно-пассажирский пароход имел длину 47,3 м, максимальную осадку почти 2,3 м, машину-компаунд с поверхностным холодильником; он мог брать 340 пассажиров и стоил 100 тыс. руб. На этом судне из Германии доставили механизмы, которые были установлены в 1882 г. М. Буданцевым на винтовой буксир с деревянным корпусом «Анна» (с 1910 г. «Усолка»).

Следующему крупному пароходу «Св. Николай» повезло — и сегодня гости Красноярска могут не только его увидеть, но и побывать на нем. Собирали этот самый мощный в те годы буксирно-пассажирский пароход в 1887 г. практически на том же месте, где он стоит и поныне — на берегу Кузнечной протоки.

Заказал же его А. М. Сибиряков, которому не давала покоя мысль о преодолении Ангарских порогов, причем корпус везли с завода Курбатова и Игнатова, а механизмы и котлы — с завода «Маталла» в Швеции. Железный клепаный корпус имел следующие паспортные размеры: длина 55,78 м, ширина 8,36, высота борта 2,59 м, шесть переборок, две машины-компаунда с инжекционным холодильником 560 л. с. Любопытно, что паспортные размеры существенно отличаются от результатов обмеров, проведенных на судне-памятнике. Из переделок, проводившихся на этом судне, можно отметить смену котлов (1896 и 1910 гг.), снятие туерной лебедки и новую жилую надстройку.

Примерно в то же время на Енисей приходит «Феникс» (240 сил), принадлежавший одноименной английской компании, а также сибиряковские «Илим» и «Св. Иннокентий» — последние два парохода-туера, специально для Казачинского порога.



Пароход «Россия», 1907 г.

В 1885 г. А. М. Сибиряков получает пятилетнюю привилегию на организацию буксирного пароходства по порожиистой части Ангары, для чего в некоторых местах русла были проложены цепи, по которым и поднимались туеры. Но Ангара так и не была покорена — «Илим» после аварии в 1901 г. был отправлен на Обь, а «Св. Иннокентий» (с 1918 г. «Бурлак», затем № 166 и с 1925 г. — «Ангара») до 1964 г. обслуживал суда на Казачинском пороге. При мощности 240 л. с. паровая лебедка «Ангара» могла развивать тяговое усилие до 16,5 т, что обеспечивало скорость подъема до 2,5 км/ч при скорости течения на сливах порога 16—18 км/ч и значительном уклоне русла. С вводом в работу на этом участке туера появилась возможность организовать регулярное судоходство от Енисейска до Красноярска.

«Св. Иннокентий» был построен в Рыбинске заводом Журавлева, имел длину 40,54 м и ширину 7,97 м. Двухбарабанная лебедка и вьюшка, на которую наматывался трос длиной 2,5 км и диаметром 43,5 мм, обеспечивали туеру прохождение порога. Внизу к нему подводился состав, крепился буксир — и начинался подъем по тросу, конец которого был закреплен за мертвый якорь выше порога.

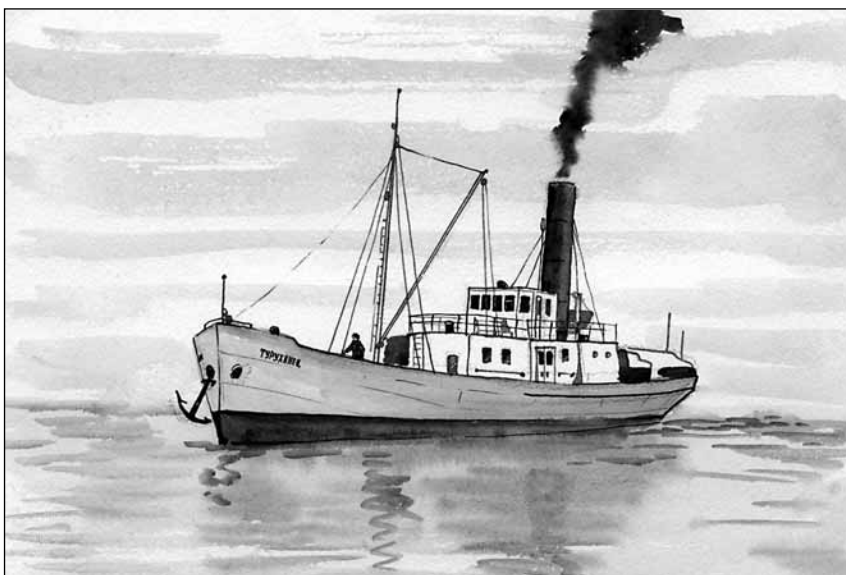
В 1877 г. А. Н. Гадалов закладывает в Красноярске железный корпус, а на заводе Курбатова и Игнатова заказывает машины и котлы для 400-сильного парохода «Россия». В 1898 г. это судно покупает судов-

ладелец Шарыпов, переименовав его в «Модест». А в октябре того же года на Казачинском пороге при следовании вниз по течению в результате обрыва штуртроса «Модест» потерял управление и ударился в левобережную каменную плиту, в результате чего носовая часть отломилась и затонула. По счастливой случайности никто не погиб. В 1903 г. восстановленный пароход был приобретен предпринимателем Корнаковым, вновь переименован в «Россию», затем включен в солидное Минусинское товарищество пароходства, далее в Енисейское общество пароходства и торговли. С 1920 г. пароход назывался «Вл. Ленин», с 1932 г. — «Маяковский»; списан в 1962 г.

В 1888 г. А. Н. Гадалов строит пароход «Усердный» с деревянным корпусом, причем машина 500 сил была изготовлена на месте, лишь котлы заказаны на Жабынском заводе. Деревянный корпус длиной 62,22 м оказался непрочным, в 1892 г. он вышел из строя, и механизмы были отправлены на Обь, где был построен новый буксир с таким же названием.

Годом раньше вступили в работу небольшие паровые катера «Сибирячка» купца Черемных и «Николай» Уманова.

Важной вехой в развитии судоходства на Енисее явилась экспедиция Л. Ф. Добротворского, в задачи которой входило не только исследование реки и устья, но и доставка морем через Енисей значительного количества рельсов для Сибирского



Пароход «Туруханец»

железнодорожной магистрали. Экспедиция, состоявшая из шести офицеров и 43 кронштадтских моряков, перегнала из Англии винтовой пароход «Лейтенант Овцын» (ушел на Белое море), колесный буксир «Лейтенант Малыгин» и стальной лихтер «Лейтенант Скуратов».

Для управления строительства железной дороги капитан Виггинс привел два 600-сильных стальных парохода «Первый» и «Второй». «Первый» с 1908 г. работал на Оби, затем был возвращен на Енисей, носил имя «Амур», затем № 252, с 1933 г. — «Верибрюсов», «Второй» (с 1912 г. — «Отважный») после 1925 г. назывался «Тов. Сталин», с 1936 г. — «Степан Разин». Построенные в Ньюкасле на заводе Армстронга за 286 тыс. руб., они были списаны в начале 60-х годов.

В 1894 г. Ф. Г. Черепанов в Красноярске на заводе Матвеева собирает пароход «Красноярец», механизмы и котлы для которого были доставлены из Выборга. Две вертикальные машины развивали мощность 160 сил. Это судно было списано в середине 20-х годов под № 128.

На следующий год экспедиция братьев Попхэм доставляет винтовой пароход «Туруханец» для купца Пашенного. С 1909 г. его приобретает компания братьев Тонконоговых и переименовывает в «Север». Новшеством являлась паровая машина 140 сил тройного расширения. В эту же навигацию по Обь—Енисейскому каналу, который незадолго перед этим

вступил в эксплуатацию, с Оби приходит винтовой пароход «Первенец Сибирский», построенный в 1887 г. в Перми, в 1921 г. под № 165 он затонул у устья реки Маны.

Катер «Юрак» с деревянным корпусом был первым, построенным в Красноярске на заводе Кнорре и Матвеева. Этот колесный буксир имел длину 13,6 м и компаунд-машину 32 силы, списан в 1913.

В 1896—1897 гг. на Енисей с караванами английских промышленников Попхэм прибыли 800-сильный буксирно-пассажирский пароход «Гленмор» (с 1902 г. — «Орел», с 1925 г. — «Карл Маркс») и пароход «Скотия» (затем «Отец», № 218, «Красный остяк», «Пролетарий» и «Колхозник») — оба английской постройки.

В Абаканском строится катер «Абаканец» с деревянным корпусом и английскими машинами 21 л. с., в Красноярске — двухвинтовой «Гремячий» (100 л. с.).

В 1900 г. Гадалов заказывает в Сормово пароход «Ярославль», который вскоре переименовывается в «Сибиряк» (затем «Л. Троцкий», «Петр Щетинкин»), а через три года у него появляется полуторпалубный буксирно-товаропассажирский колесный «Сокол» (с 1920 г. «Спартак») мощностью 500 сил, вместимостью 57 пассажиров, стоимостью 135 тыс. руб. — тоже сормовской постройки. По Обь—Енисейскому каналу приходит «Минусинец» (бывший обский «Самоход»), несколько землечерпалок, катер «Трио» (с 1907 г. — «Кузнецк»).

В 1905 г. состоялся массовый перегон по Северному морскому пути с экспедицией МПС пароходов для Енисея. Среди них было два однотипных паровых лихтера голландской постройки в 450 л. с. — «Ангара» и «Лена». Первый, закончив подъем рельсов со дна Луковой протоки, в 1908 г. ушел на Обь, где был куплен судовладельцем Голевым-Лебедевым, в 1929 г. под названием «В. Мейснер» возвращен на Енисей (затем «Боцман Лайне») и впоследствии затонул во время шторма. Второй лихтер с 1935 г. стал называться «С. Киров» и позднее переоборудован в теплоход. Из прибывших в 1905 г. судов буксирный винтовой пароход 700 сил «Енисейск» германской постройки был списан в 1926 г., «Туруханск» проработал до начала 30-х годов, а «Минусинск» и «Красноярск» во время ледохода 1906 г. были унесены льдом и погибли.

В 1907 г. из оставшихся казенных пароходов образовали Срочное казенное пароходство по Енисею, обеспечивавшее в низовьях реки относительно дешевое и удобное сообщение, а также операции по перевозке товаров. В состав пароходства МПС вошли и девять несамоходных лихтеров грузоподъемностью по 516 т, построенных в Штеттине.

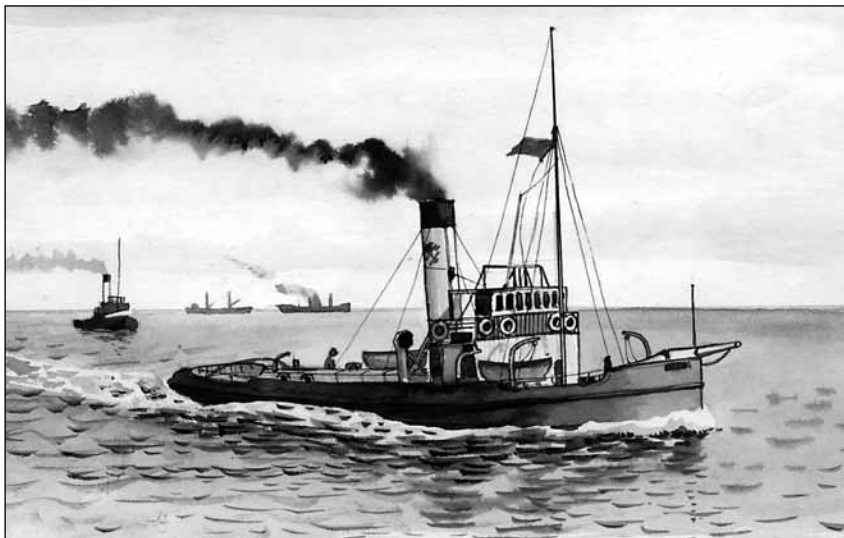
В ту же навигацию начала эксплуатироваться баржа «Север» (длина 60,8 м, грузоподъемность 160 т), построенная в Красноярске товариществом «Рефрижератор». В ее трюмах были установлены углекислотные холодильные машины с рассольным охлаждением производительностью 55 тыс. ккал/ч. Впоследствии она стала сухогрузной. Этому же обществу принадлежал винтовой железный пароход 80 сил «Рыбак» [1].

В 1908 г. Управлением государственного имущества Енисейской губернии приобретает моторный катер мощностью 10 л. с. «Таксатор», на следующий год — моторная шхуна «Омуль» и несколько моторных судов. В 1912 г., согласно «Сибирскому торгово-промышленному календарю», плавание пароходов по Енисею проводилось от селения Каптыревского до Енисейской губы. Коммерческий флот состоял из 29 паровых, 48 непаровых и 6 моторных судов. Общая пассажировместимость паровых судов — 2748 чел., а непа-

ровых пассажирских — 1447 чел. Общая мощность — около 7100 л. с. Стоимость паровых судов определяется в 1 530 000 руб. Промышленное судоходство осуществлялось следующими пароходами: «Дедушка», «Сибиряк», «Св. Николай», «Россия», «Иноходец» (бывший «Минусинец») и «Орел» (Акционерного общества пароходства по Енисею), «Сокол» А. Н. Гадалова, «Отважный» А. А. и В. А. Баландиных, «Красноярец» Ф. Г. Черепанова, «Гремячий» В. И. Полякова, «Отец», «Север» и «Работник» (Енисейская компания пароходства), «Енисей» Г. В. Кучеренкова, «Енисейск», «Туруханск» и «Лена» Срочного казенного пароходства [2].

К этому времени был найден безопасный и удобный затон, где в настоящее время базируется Красноярский судоремонтный завод. До революции здесь размещалось основное судоремонтное предприятие, исключая небольшое механическое заведение Матвеева и Кнорре в Красноярске, организованное для строительства моста.

В 1914 г. с экспедицией МПС, возглавляемой И. Лидом, пришли буксирные пароходы «Ангара» (затем «Н. Крупская»), «Иртыш», построенные заводом Вольгейм (500 сил), и «Тобол» (220 сил), построенный заводом Вимана в Бранденбурге, а также лихтер «Корреспондент». Практически все сообщение с внешним миром на Енисее осуществлялось через Северный морской путь.



Пароход «Ангара» на пути к Енисею

И. Лид, проявивший интерес к сибирскому вывозу, планировал дальнейшее пополнение флота, но началась первая мировая война. В 1918—1920 гг. из-за гражданской войны, безработицы и национализации большинство пароходов вышло из строя и больше не вводилось в эксплуатацию.

В 1920—1922 гг. для Убеко-Сибири и пароходства были приведены с запада несколько пароходов, через год в Англии был куплен Енгбсоюзом новый 600-сильный винтовой буксир «Кооператор» (затем «Молотов»).

В 1938 г. в Красноярске собирается два 800-сильных пассажирских теплохода сормовской постройки

(типа «Сталинская конституция»), много судов поступило после войны в счет репараций из Германии. Флот прежде всего требовался для обслуживания строительства и развития Норильского горно-металлургического комбината, для обеспечения экспорта леса из Игарки. В этот же период основывается Красноярская судовой верфь, которая впоследствии обеспечивала своей продукцией практически весь сибирский регион [3].

Литература

1. ЦГАНХ. Ф. 1884. Оп 2. Д 1105. Л. 22—27.
2. Сибирский торгово-промышленный календарь на 1911 г. СПб., 1910.
3. Чумаченко В. И. Вахта на Енисее. Красноярск, 1989.

ПОЧЕМУ НЕ БЫЛ ПОДНЯТ ЛИНКОР «СВОБОДНАЯ РОССИЯ»

Н. П. Муру

В 1918 г. Германия, нарушив Брестский мирный договор, начала оккупацию Крыма и потребовала передачу ей кораблей Черноморского флота. Наиболее современные из них после длительных дебатов ушли в Новороссийск. В их числе были два новых линкора «Свободная Россия» («Императрица Екатерина Великая»), вступивший в строй в 1915 г., и «Воля» («Император Александр III»), построенный в 1917 г., а также ряд эсминцев и миноносцев. Корабли покидали Севастопольскую бухту под обстрелом с Северной

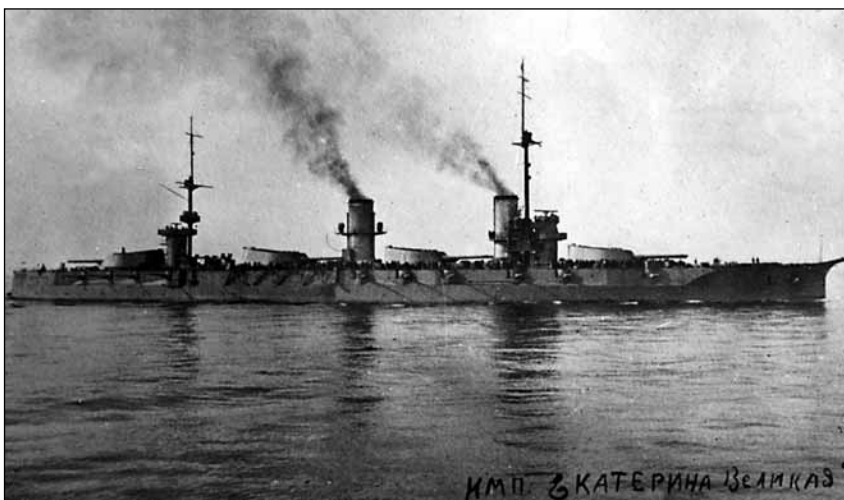
стороны германской полевой артиллерией.

Поскольку немцы продолжали настойчиво требовать корабли под угрозой дальнейшего наступления своих войск, В. И. Ленин отдал секретный приказ затопить корабли на Новороссийском рейде. Официально же было приказано возвратиться в Севастополь. Когда личный состав узнал, что уготовано кораблям, начались митинги. В итоге мнения разделились. Часть кораблей — линкор «Воля» и шесть эсминцев — подняв «жовто-блакитные» флаги Укра-

ины, под командованием А. И. Тихмеева ушла в Севастополь сдаваться немцам. Правда, на переходе один из эсминцев все же самозатопился.

Судьба их оказалась незавидной. Перейдя к белым (переименовавшим «Волю» в «Генерала Алексеева»), они после разгрома Врангеля в конце 1920 г. ушли в Бизерту, где до официального признания Францией СССР в 1924 г. представляли собой «осколок» российского флота со всеми его правилами и традициями.

С восстановлением дипломатических отношений с Францией после 1924 г. была предпринята попытка вернуть корабли из Бизерты на родину, в чем принимал активное участие А. Н. Крылов, но... не договорились. Состарившиеся корабли разобрали на металлолом.



Линейный корабль «Императрица Екатерина Великая»

Оставшиеся в Новороссийске корабли, включая линкор «Свободная Россия», 18 июня 1918 г. были затоплены. В большинстве случаев оказалось достаточным открыть кингстоны. Тяжелую задачу затопить свой же линкор взял на себя эсминец «Керчь», выпустивший по нему четыре торпеды. При затоплении все корабли несли на мачтах сигнал «Погибаю, но не сдаюсь».

Эсминец «Керчь» (командир В. А. Кукель) затопили путем открытия кингстонов и иллюминаторов вблизи Туапсе, дав по радио оповещение: «Всем. Всем. Погиб, уничтожив те корабли Черноморского флота, которые предпочли гибель позорной сдаче Германии. Эскадренный миноносец «Керчь»».

Впоследствии ряд кораблей Новороссийской эскадры, включая эсминец «Керчь», были подняты ЭПРОНам (Экспедицией подводных работ особого назначения), и некоторые из них восстановлены. В числе неподнятых остался линкор «Свободная Россия». В принципе, возможность его подъема была, хотя он лежал вверх килем на довольно большой глубине (47—51 м) и кроме открытых кингстонов имел четыре торпедных робонины.

Что касается глубины, то, как известно, ряд затопленных в Скапа-Флоу немецких линкоров и линейных крейсеров, также лежавших вверх килем, был поднят и с больших глубин (линкор «Кайзер» водоизмещением 24,5 тыс. т поднят с глубины 55 м).

Относительно повреждений можно отметить, что поднятый в Сева-

стопольской бухте 21 мая 1918 г. линкор «Императрица Мария» также имел повреждения от взрывов боезапаса в артпогребах, как и поднятый несколько позже в Таранто итальянский линкор «Леонардо да Винчи».

Тяжело поврежденный подводным взрывом, нарушившим не только водонепроницаемость, но и общую прочность корпуса на длине более 20 м, был и поднятый в 1957 г. линкор «Новороссийск», затонувший вверх килем.

Однако линкор «Свободная Россия» не был поднят из-за того, что до 1930 г., когда такая возможность теоретически существовала, ЭПРОН не имел для этой серьезной работы сил и средств, а затем линкор оказался столь серьезно поврежденным, что подъем его был признан нецелесообразным.

Перейдя к рассмотрению этих двух взаимосвязанных причин, следует отметить, что до 1930 г. техническая база и финансовые средства ЭПРОНа были настолько слабы, что из крупных работ ему под силу оказался лишь подъем, благодаря доставшемуся от старого флота судоподъемному судну «Коммуна» («Волхов» постройки 1913 г.), затонувшей английской подводной лодки L-55, танкера «Эльбрус» и нескольких эсминцев с малых глубин. Достаточно отметить, что первые специальные стальные понтоны конструкции Т. И. Бобрицкого ЭПРОН смог построить лишь в 1933 г. Правительство же подъема линкора не планировало.

Главной работой ЭПРОНа того периода был подъем затопленного

мелкого имущества (якорей, цепей, тросов, блоков, снарядов) с целью пополнения финансовых средств для самообслуживания и приобретения водолазной техники.

С этого и начались работы на линкоре «Свободная Россия». Было решено выгрузить и поднять на поверхность снаряды и заряды главного калибра (в пеналах) из снарядных и зарядных погребов первой (носовой) башни главного калибра. Это сулило большую выгоду, особенно дорогими были снаряды главного калибра (305 мм), стоимость одного снаряда составляла по курсу того времени 3 тыс. руб.

Основные тактико-технические элементы линкора «Свободная Россия»

Водоизмещение, т	22 600
Длина, м	168
Ширина, м	27,4
Осадка, м	8,36
Мощность машин, л. с.	33 000
Скорость полного хода, уз	21,5
Бронирование, мм:	
борта	262
палубы	37 + 25 + 25
башен главного калибра	250
Артиллерийское вооружение	12 x 305-мм (по 3 в четырех башнях) 20 x 130-мм (в казематах)
Торпедное вооружение	4 x 450-мм

Линкор лежал килем вверх с небольшим дифферентом, глубина воды над днищем составляла 36—40 м.

Для выгрузки боезапаса было намечено прорезать взрывным способом обшивку днища толщиной 16—18 мм. Вырез в форме прямоугольника длиной 5 м и шириной 3 м наметили рядом с диаметральной плоскостью в районе погребов первой (носовой) башни главного калибра. Ориентировались при этом на расположение кингстонов затопления.

Рабочая группа состояла из восьми—девяти лучших учеников водолазной школы и двух опытных водолазов во главе с ассом подводных работ В. Н. Чертаном. Кроме того, в группу входили мотористы и привлекались временные вольнонаемные рабочие. Из технических средств группа имела небольшой самоходный катер «Осетин» с мотором мощностью 80 л. с., ручной грузовой лебедкой на 1,5 т и мотопилем на 0,5 т, а также деревянный несамоходный водолазный бот с ручной водолазной помпой и водолазным мотокompрессором «Хенке».

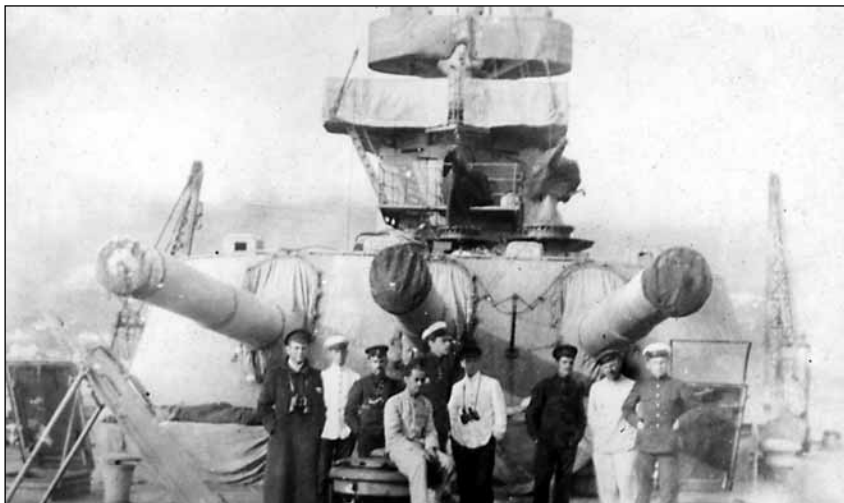
Технология прорезания обшивки днища была проработана на техсовете отделения ЭПРОНа. Относительно выполнения самих работ следует сделать два замечания. Во-первых, соответствующая подготовка подводных взрывников в водолазной школе не проводилась, так что специалистов-взрывников в составе рабочей группы вообще не было; во-вторых, применявшиеся электродетонаторы были крайне ненадежны, становясь негерметичными на глубине более 20 м и часто давая осечки (приходилось принимать кустарные меры по улучшению их герметизации).

Для подрыва корпуса использовали бомбы Канина с массой взрывчатого вещества (ВВ) до 80 кг. Подрывались одна или иногда две бомбы сразу. Работы шли довольно медленно из-за отказов электродетонаторов и потому, что вскрывать приходилось не просто днище, а днищевое перекрытие, включавшее второе дно и междудонный набор. Длительное время занимала расчистка района подрыва от обломков днищевое перекрытия маломощными грузоподъемными средствами катера «Осетин».

Выгрузка зарядов в пенах вследствие их небольшой массы особого труда не представляла. Решили вскрывать тем же взрывным методом вторую платформу, накрывавшую со стороны днища снарядный погреб. Кажется вполне очевидным, что взрывать заряды массой 80 кг вблизи от снарядов главного калибра было чрезвычайно опасно, это было чистой авантюрой, чего рабочая группа, да и техсовет отделения ЭПРОНа, видимо, не понимали.

Тем не менее перекрытие, разделявшее зарядное и снарядное отделения, было частично раскрыто, что позволило поднять шесть снарядов калибром 305 мм, что воодушевило группу. Однако спустившийся на следующий день водолаз В. Н. Чертан смог поднять лишь один снаряд, обнаружив, что свалившаяся балка набора частично перекрыла проход. Ее решили убрать путем подрыва двух бомб Канина (общая масса ВВ около 160 кг).

При подготовке к взрыву катер «Осетин» отошел примерно на 3/4 мили к берегу, а несамоходный водолазный бот, с которого производился подрыв (включение подрывной машинки), — на 150—170 м от



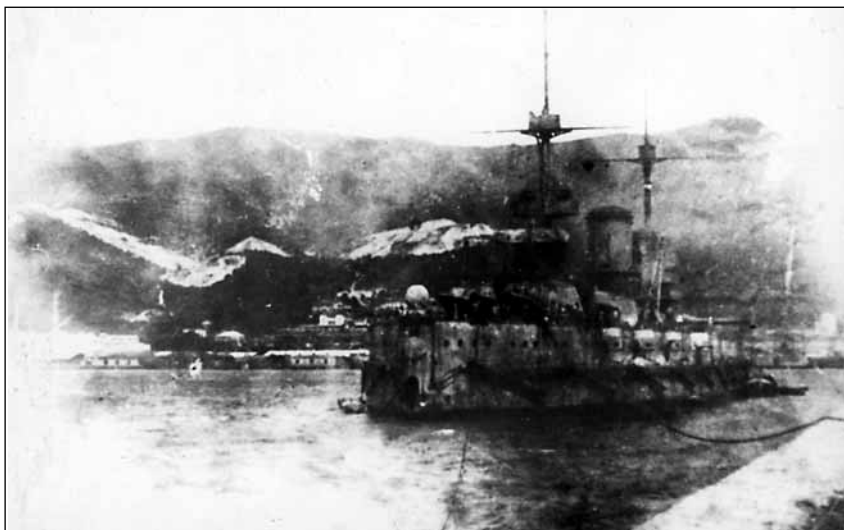
На палубе линкора «Свободная Россия»

линкора. Вышедший из воды водолаз В. Н. Чертан, не снимая водолазной рубахи и водолазных галош, сидел на планшине бота.

То, что произошло после замыкания электровзрывателя, трудно описать. Взорвался весь боезапас первой (носовой) башни линкора. Столб воды поднялся на 100—120 м над уровнем моря, обломки корабля и снаряды разлетелись на высоту до 150—160 м. Из глубины со страшным гулом вырывались массы воздуха. Море в радиусе до 3/4 мили покрылось толстым слоем мазута. Несамоходный бот по планширь залило водой, мотокomppressor «Хенке» сорвало с лап, выбросило за борт ручную водолазную помпу массой до 200 кг. Водолаз В. Н. Чертана сбросило за борт, но он чудом на глубине 10—12 м, захлебываясь водой, удержался на сигнальном тросе,

после чего был вытаскен на поверхность. Катер «Осетин» подобрал весь личный состав, так что человеческих жертв не было, но несамоходный бот в самом начале буксировки опрокинулся и в таком состоянии был доставлен к берегу.

Что же стало с линкором? Узнали об этом лишь через три дня после взрыва, поскольку до этого водолазы не осмеливались спускаться на него. Как выяснилось, взрывом боезапаса корпус корабля был полностью разрушен на длине около 40 м. Расследовавшая взрыв комиссия сочла, что при последнем подрыве сдетонировали головные части торпед, хранившиеся вблизи от снарядного погреба первой башни. Дальнейших работ на линкоре «Свободная Россия» не производилось. Вопрос о его подъеме вообще не ставился.



«Свободная Россия» в Новороссийске перед затоплением

СОЗДАТЕЛЬ БРОНЕКАТЕРОВ

Юлий Юльевич Бенуа родился в 1908 г. в Санкт-Петербурге в семье подпоручика саперного батальона Ю. Ю. Бенуа (1882—1941), сына академика архитектуры Ю. Ю. Бенуа (1850—1928), представляющего одну из ветвей известной династии Бенуа¹. Раннее детство провел в доме своего деда. После окончания в 1925 г. школы при костеле Святой Анны получил путевку в Политехнический институт на кораблестроительный факультет, позднее преобразованный в Ленинградский кораблестроительный институт, закончил его в 1930 г. и был зачислен инженером-исследователем в НИИ судостроения. В том же году был призван на военную службу и начал работать в Конструкторском бюро Морского завода в Кронштадте. В начале 1935 г. его родители были высланы в Казахстан, молодого инженера ожидала та же участь. Однако руководство завода через наркома обороны К. Е. Ворошилова предотвратило эту акцию, но оставить его в конструкторском бюро это не помогло.

В апреле 1935 г. Ю. Ю. Бенуа был принят в Речсудпроект в качестве руководителя группы общего проектирования, а в 1939 г. становится начальником корпусного отдела. В 1941 г. Наркоматом судостроительной промышленности он назначается главным конструктором бронекатеров проектов 1124 и 1125. После смерти в 1954 г. В. И. Левкова — конструктора первых советских катеров на воздушной подушке — Ю. Ю. Бенуа продолжает работы в этой области в ЦКБ-19, а затем в ЦМКБ «Алмаз».

Под его руководством разработан и создан ряд оригинальных проектов бронекатеров, пассажирских теплоходов для канала Волга—Москва на 150 и 300 пассажиров, пассажирских пароходов для Черного Иртыша, дивизионных катеров, бензозаправщиков, амфибийных десантных кораблей на воздушной подушке и др.

Особо следует отметить его работу по созданию бронекатеров пр. 1124 и 1125, получивших высокую оценку командования в годы Великой Отечественной войны. Наи-



Ю. Ю. Бенуа (1908—1966)

более ярко талант конструктора проявился при выборе архитектурно-компоновочных решений, теоретических обводов, бронезащиты жизненных постов катера. Широкое применение сварных конструкций позволило наладить серийное производство катеров в короткие сроки. В итоге заводами в течение 1936—1945 г. было построено 97 больших бронекатеров пр. 1124, а малых, пр. 1125 — 151 ед. В ходе войны



Речной бронекатер «Шмель»

конструктор продолжал работы по модернизации и совершенствованию этих кораблей, повышению их боевой мощи: артиллерийские башни танка Т-28 заменялись на башни

танка Т-34, пулеметы калибра 7,62 мм — на 12,7-мм; часть катеров оснастили реактивными установками М-8-М и М-13-М1.

В 1942 г. под руководством Ю. Ю. Бенуа по заданию ВМФ на конкурсной основе был разработан эскизный проект морского бронекатера для Балтийского флота (пр. 161), который получил одобрение и затем передан заводу им. Марти для разработки рабочей документации на серийную постройку.

В послевоенный период под руководством Юлиа Юльевича проектируются и строятся бронекатера второго поколения пр. 190 и 191М. В начале 60-х годов спроектирован новый тип бронекатера — «Шмель» (пр. 1204), на котором применены современные образцы вооружения и оборудования, позволившие резко повысить боевую эффективность при несении службы в пограничных частях. По этому проекту было построено 100 бронекатеров.

Ю. Ю. Бенуа обладал широкой инженерной эрудицией, богатой конструкторской интуицией, врожденным даром научного предвидения. Будучи широко образованным специалистом, владея иностранными языками, он следил за тенденциями развития судостроения за рубежом, привлекая внимание общественности к актуальным проблемам техниче-

ского прогресса, к внедрению новых принципов движения. Он первым опубликовал в журнале «Судостроение» в 1936 г. статью «К вопросу о движении по воде на подводных

¹Отец будущего конструктора являлся двоюродным братом знаменитого художника и историка искусств Александра Бенуа.



Малый десантный корабль «Джейран»

крыльях». Развивая эту тему, он выполняет в 1939 г. научно-исследовательскую работу «Перспективы движения на подводных крыльях», которая была удостоена премии ВНИТОС.

Анализируя научное наследие профессора В. И. Левкова, Юлий Юльевич отмечает, что созданные в 30–40-х годах под руководством этого талантливого ученого, экспериментальные образцы катеров на воздушной подушке, явившиеся первым в мире воплощением этой идеи, не получили в то время практического применения. Основную причину этого он усматривал в том, что работы были ориентированы на создание нового типа торпедного катера, что сузило творческий поиск оптимальных решений по уменьшению сопротивления движению, улучшению важнейшего качества этих судов — амфибийности, а также снижению себестоимости эксплуатации.

В начале 1961 г. Ю. Ю. Бенуа назначен главным конструктором су-

дов на воздушной подушке, руководит разработкой эскизного проекта амфибийного десантного корабля «Джейран», составляет программу опытно-конструкторских работ, в соответствии с которой на крупномасштабных самоходных моделях МК-01 и МС-01 с камерным и сопловым способами образования воздушной подушки, отрабатывается конструкция корабля. Одновременно по его инициативе начинаются исследования на буксируемых моделях гибких материалов для ограждения воздушной подушки. В результате проведения большого объема опытно-конструкторских работ были отработаны конструктивные элементы и технические характеристики систем и устройств, необходимых для образования воздушной подушки амфибийных кораблей. В 1963–1966 гг. разрабатывается технический проект десантного корабля «Джейран» (Ю. Ю. Бенуа — заместитель главного конструктора), явившегося крупнейшим в то время кораблем данного типа.

Ю. Ю. Бенуа — один из авторов книг «Суда на воздушной подушке» и «Основы теории судов на воздушной подушке», в которых обобщены его работы в этой области. Он также соавтор ряда изобретений по упомянутой тематике. Таким образом, став преемником профессора В. И. Левкова, Юлий Юльевич обогатил его научное наследие новыми идеями и техническими решениями, позволившими создать современные типы амфибийных кораблей на воздушной подушке, нашедших применение в народном хозяйстве, и тем самым занять достойное место в отечественном и мировом судостроении.

Вся конструкторская деятельность Ю. Ю. Бенуа была проникнута духом новаторства, высокой целеустремленностью. Юлий Юльевич отличался огромной работоспособностью, самодисциплиной, не позволяя тяжелой болезни, преследовавшей его многие годы, командовать собой. Он прожил недолгую, но яркую творческую жизнь, прославив знаменитую династию Бенуа на поприще кораблестроения. А главная государственная награда у него была одна — медаль «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941—1945 гг.».

Литература

- Бенуа А. Н. Мои воспоминания. М.: Наука, 1990.
 Бенуа Ю. Ю., Корсаков В. М. Суда на воздушной подушке. Л.: Судпромгиз, 1962.
 Бенуа Ю. Ю., Дьяченко В. К., Колызаев Б. А. и др. Основы теории судов на воздушной подушке. Л.: Судостроение, 1970.
 Бурачок В. В. Как создавались бронекатера//Катера и яхты. 1990. № 1, 2, 3.
 Кузнецов Н. Г. Курсом победы. М.: Воениздат, 1987.
 Бережной С. С. Корабли и суда ВМФ СССР 1928–1945 гг. М.: Воениздат, 1988.

Л. Л. Ермаш

РЕФЕРАТЫ

УДК 629.57

Ключевые слова: экраноплан, мореходность, конкурентоспособность.

Афрамеев Э. А. Перспективы экранопланостроения// Судостроение. 2000. № 1. С. 9–13.

Рассматриваются вопросы эффективности внедрения экранопланов в систему транспортных средств. Показывается, что по аэродинамическому совершенству и конкурентоспособности экранопланы II поколения массой 700–800 т будут иметь технические характеристики на уровне современных тяжелых самолетов, а двухрежимность — основное преимущество, отличающее их от аналогов в авиации и судостроении. Ил. 10. Библиогр.: 3 назв.

УДК 629.5.015.11

Ключевые слова: подводная лодка, плавучесть, остойчивость, непотопляемость, методика.

Зайнуллин О. Ф., Ратников Н. В. Непотопляемость подводных лодок: новые расчетные методы и технологии// Судостроение. 2000. № 1. С. 14–16.

Приводятся метод динамического расчета статики подводной лодки (ПЛ) и разработанная на его основе единая расчетная модель непотопляемости ПЛ. Параметры аварийного корабля определяются на основе элементов статических сил, действующих на него, и стабильных инерционных характеристик без традиционного «посредничества» элементов ватерлинии. Ил. 3. Библиогр.: 4 назв.

УДК 629.5.016.5

Ключевые слова: судно, испытания, дифферент, пропульсивный коэффициент, КПД гребного винта.

Жинкин В. Б. Влияние дифферента на ходовые качества судна// Судостроение. 2000. № 1. С. 17–20.

На основе модельных и натурных испытаний показывается влияние дифферента на ходовые качества судна и даются рекомендации по определению оптимального дифферента на тихой воде для судов с полными обводами при невысоких скоростях движения, для которых эффект снижения потребляемой мощности на ходу приобретает наибольшую величину. Библиогр.: 12 назв.

УДК 629.525.4.01

Ключевые слова: катамаран, парус, скорость, расчет.

Бобков Л. М., Блинов В. И. К вопросу о проектировании сверхскоростных парусных катамаранов на подводных крыльях// Судостроение. 2000. № 1. С. 20—23.

Анализируется книга Дж. Норвуда «Быстроходные парусные суда. Основы проектирования многокорпусных парусных судов» и даются рекомендации по расчету аэродинамических качеств для создания сверхскоростных парусных катамаранов на подводных крыльях. Ил. 5. Табл. 1.

УДК 623.827 (091)

Ключевые слова: атомная подводная лодка, проектирование.

Шмаков Р. А. Создание атомных подводных лодок проектов 671, 671РТ и 671РТМ// Судостроение. 2000. № 1. С. 24—32.

Описывается история создания атомных подводных лодок проекта 671 и его модификаций — 671РТ и 671РТМ в СПМБМ «Малахит». Ил. 7. Библиогр.: 4 назв.

УДК 621.499-213.3:629.5

Ключевые слова: корабль, ПЛ, энергетическая установка, экология.

Халиуллин Ю. М., Темнов В. Н., Мошков В. Н. Корабельные анаэробные неатомные энергетические установки на безгазовом топливе// Судостроение. 2000. № 1. С. 36—39.

Рассматривается вопрос о разработанных в ВМИИ схемах неатомных анаэробных энергетических установок (АНЭУ) на безгазовом топливе, отличающихся от классических наличием перед турбиной системы очистки газообразного рабочего тела от твердых продуктов сгорания с регенератором тепла шлаков и хранилищем шлаков. Предлагается соответствующая инфраструктура системы берегового базирования АНЭУ с оценкой взрывопожароопасности таких объектов. Ил. 4. Библиогр.: 8 назв.

УДК 519.1-74:629.5

Ключевые слова: живучесть, граф, матрица, технология, алгоритм.

Ярошенко А. В. Математическое описание технологической взаимозависимости всех систем и механизмов корабля и алгоритм его практического применения// Судостроение. 2000. № 1. С. 40—43.

Показывается математический аппарат, позволяющий учесть реальную технологическую взаимозависимость всех элементов технических средств корабля с разной физической природой и функцио-

нальным назначением, а также алгоритм, позволяющий применить такую математическую модель для автоматизации процесса борьбы за живучесть технических средств корабля. Ил. 4.

УДК 629.12.066:621.

Ключевые слова: тиристорный преобразователь, сушка, испытания, изоляция.

314.26:621.3.048

Приходько В. М. Энергосберегающий универсальный тиристорный преобразователь// Судостроение. 2000. № 1. С. 44—45.

Дается описание энергосберегающего переносного тиристорного преобразователя с перестраиваемой структурой силового вентиляющего модуля, предназначенного для безразборной токовой сушки изоляции штатного судового электрооборудования при ревизии, в период монтажа, эксплуатации и ремонта. Ил. 3. Библиогр.: 6 назв.

УДК 621.382.3

Ключевые слова: транзисторный ключ, соединение, модуль.

Агунов А. В., Дмитриев Б. Ф., Красавчиков В. Г. Параллельное соединение транзисторов IGBT в составных транзисторных ключах// Судостроение. 2000. № 1. С. 46—48.

Рассматриваются особенности работы параллельного соединения дискретных биполярных транзисторов с изолированным затвором IGBT для построения составных транзисторных ключей силовых полупроводниковых приборов в системах электропривода. Приводятся зависимости параметров ходовых транзисторов IGBT от различных факторов и даются рекомендации по реализации составных транзисторных ключей на них. Ил. 7. Библиогр.: 3 назв.

УДК 621.791.947.25:629.5.024

Ключевые слова: лазер, резка, сварка, корпусные конструкции, точность.

Опыт использования лазерных технологий в судостроении// В. Д. Горбач, О. Г. Соколов, В. М. Левшаков, В. Л. Чабан, А. А. Васильев, А. Г. Игнатов// Судостроение. 2000. № 1. С. 49—53.

Приводится описание новейших технологий лазерной резки, сварки и гибки, используемых на ведущих верфях мира, а также характеристики машин с ЧПУ для лазерной резки, лазерных технологий, которые сравниваются с традиционными; даются рекомендации по использованию этих технологий в отечественном судостроении. Ил. 6. Табл. 3. Библиогр.: 11 назв.

ABSTRACTS

Aframeev E. A. The outlook for ekranoplan building

The author considers the problems of the efficiency of introducing ekranoplans into the modern transportation system. It is shown that according to their aerodynamic sophistication and competitiveness the second generation ekranoplans in the weight range of 700-800 t will have technical characteristics on a par with modern heavy aeroplanes, while their dual-mode operation is their primary advantage over their analogs in aviation and shipbuilding.

Zainullin O. F., Ratnikov N. V. Unsinkability of submarines: new design methods and technologies

The paper presents a dynamic analysis method for submarine statics and, based on this method, a unified computational model of submarine unsinkability. The damaged ship parameters are determined, using elements of static forces affecting the ship, and steady inertia characteristics without the conventional «intermediation» of waterline elements.

Zhinkin V. B. The effect of trim on the propulsive performance of a ship

Based on full-scale and model tests, the effect of trim on the propulsive performance of a ship is shown and recommendations are given for determination of optimal still-water trim for full-shaped ships at low speeds for which a reduction of consumed power underway is of a primary importance.

Bobkov L. M., Blinov V. I. On the design of superfast hydrofoil-sailing catamarans

The author gives an analysis of a book by J. Norwood entitled «Fast sailing ships. The basics of the design of multihull sailing ships». Recommendations are given for an analysis of aerodynamic properties to create superfast hydrofoil-sailing catamarans.

Shmakov R. A. Creation of nuclear submarines of designs 671, 671PT and 671PTM

The author narrates the story of the development of nuclear submarines of design 671 and its modifications 671PT and 671PTM in Special Marine Engineering Design Bureau «Malakhit».

Khalullin Yu. M., Temnov V. N., Moshkov V. N. Marine anaerobic non-nuclear powerplants operating on gas-free fuel

The paper considers VMII-developed arrangements of anaerobic non-nuclear powerplants operating on gas-free fuel. These powerplants differ from conventional ones in that they are fitted, upstream of the turbine stage, with a scrubbing system to clean the gaseous working medium from solid products of combustion, also with slag-heat recovery and slag storage. A corresponding infrastructure is proposed for storage of such powerplants in shore-based depots, with a fire risk evaluation of such objects.

Yaroshenko A. V. Mathematical description of technological interrelationship between ship systems and machinery and an algorithm of its practical application

A mathematical model is described which takes into account an actual technological interrelationship between all elements of ship's technical facilities having various physical operating principles and functionalities. An algorithm is given which permits to use this mathematical model for automated damage control of ship's weapons and technical facilities.

Prikhodko M. M. Energy-saving universal thyristor converter

The paper describes operating principle of an energy-saving portable thyristor converter with reconfigured structure of the power valve module designed for current drying of insulation of shipboard equipment without its dismantling in inspections during installation, use and repair.

Agunov A. V., Dmitriev B. F., Krasavchikov V. G. Parallel connection of IGBT transistors in composite transistor switches

The authors consider features of operation of parallel connection of insulated gate bipolar transistors (IGBT) used for construction of composite transistor switches for semiconductor power devices in electric drive systems. Typical relationships between IGBT transistor parameters and various factors are presented and practical recommendations are given for realisation of composite transistor switches.

Experience with application of laser technologies in shipbuilding// V. D. Gorbach, O. G. Sokolov, V. M. Levshakov, V. L. Chaban, A. A. Vasiliev, A. G. Ignatov

Advanced laser technologies are described which are used in cutting, welding and bending processes in world's major shipyards. Characteristics of NC laser cutting machines and laser technologies are compared with conventional shipyard equipment. Recommendations are given for implementation of advanced laser technologies in domestic shipbuilding.