

СУДОСТРОЕНИЕ

Издаётся с 1898 г.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

ISSN 0039-4580

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СУДОВ

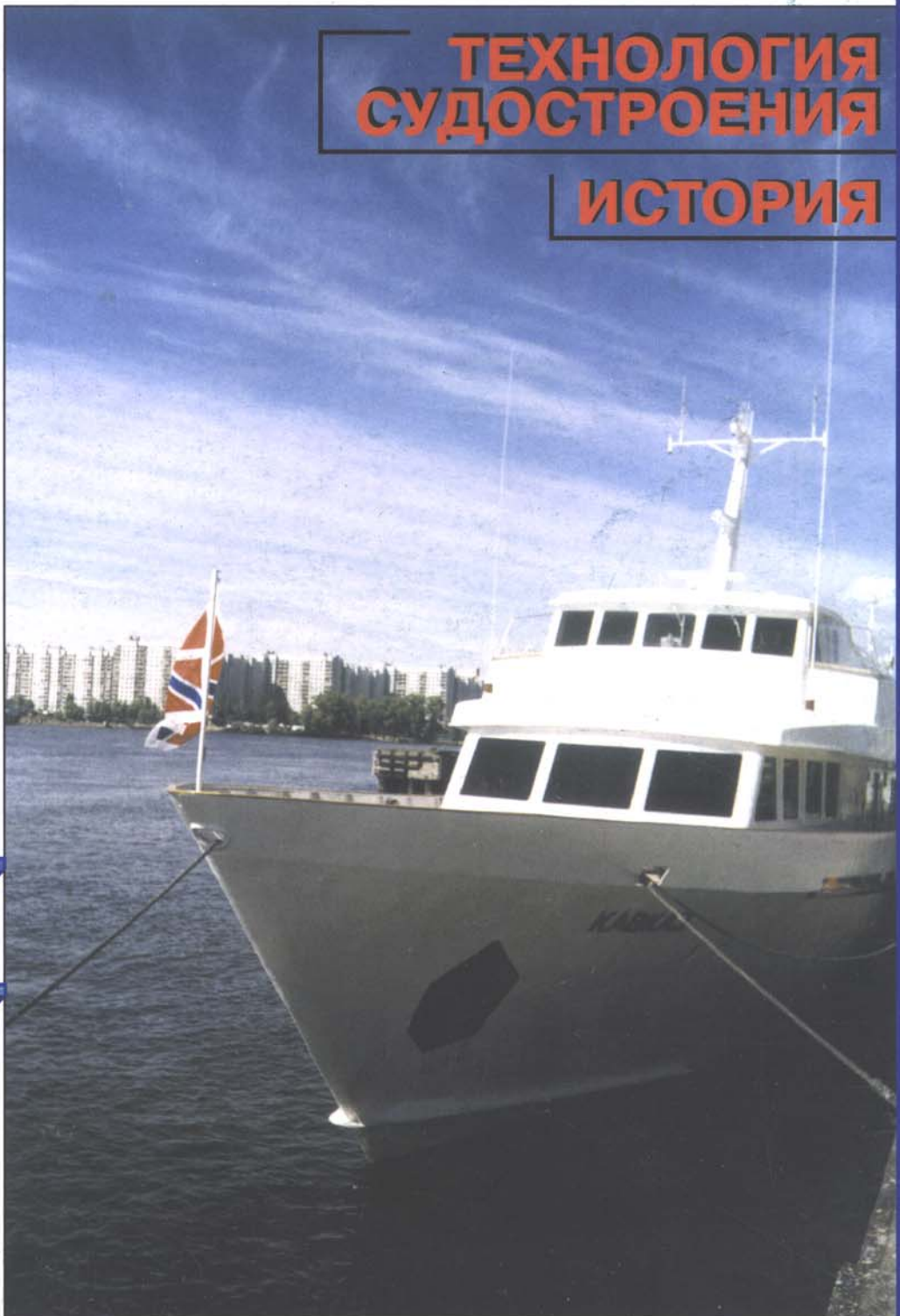
**№ 5
2002**

**ВОЕННОЕ
КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ**

**СУДОВОЕ
ОБОРУДОВАНИЕ**

**ТЕХНОЛОГИЯ
СУДОСТРОЕНИЯ**

ИСТОРИЯ



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

Учредители:

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

СУДОСТРОЕНИЕ

5•2002
(744) сентябрь—октябрь

Издается с сентября 1898 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

В. Я. Поспелов — генеральный директор Россудостроения

ПЕРВЫЙ ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

В. Д. Горбач — генеральный директор ЦНИИТС

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

В. Л. Александров — ген. директор «Адмиралтейских верфей»,
президент НТО им. акад. А. Н. Крылова

А. А. Андреев — директор издательства «Судостроение»

Ю. И. Бородин — директор ЦНИИ «Курс»

В. В. Венков — ген. директор СЗ «Северная верфь»

В. В. Войтецкий — ген. директор НПО «Аврора»

Н. Ф. Волов — ген. директор ПСЗ «Янтарь»

И. В. Горынин — ген. директор ЦНИИ КМ «Прометей»

В. Л. Галка — директор ЦНИИ СЭТ

Н. С. Жарков — ген. директор завода «Красное Сормово»

А. А. Завалишин — зам. начальника и гл. инженер ЦКБ МТ «Рубин»

И. Г. Захаров — начальник I ЦНИИ МО РФ

А. Г. Иванов — директор ЦНИИ «Центр»

Н. Я. Калистратов — ген. директор МП «Созвездие»

В. И. Кидалов — ген. директор НПО «Марс»

С. А. Климов — ген. директор НПО «Альтаир»

С. Д. Климовский — научный секретарь ЦВММ

Л. М. Клячко — зам. ген. директора Россудостроения

В. П. Королев — зам. ген. директора Россудостроения

Ю. А. Корякин — ген. директор ЦНИИ «Морфизприбор»

Ю. А. Максимов — ген. директор Калужского турбинного завода

В. Ю. Маринин — начальник управления Россудостроения

В. С. Никитин — директор НИПТБ «Онега»

В. А. Никольцев — ген. директор ЦНИИ «Гранит»

В. П. Олеванов — директор ГМЗ «Салют»

Д. Г. Пашаев — ген. директор ПО «Севмашпредприятие»

В. М. Пашин — директор ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова

В. Г. Пешехонов — директор ЦНИИ «Электроприбор»

Н. Г. Повзык — ген. директор Амурского судостроительного завода

С. Г. Прошкин — директор ЦНИИ «Гидроприбор»

В. Н. Пялов — начальник — ген. конструктор СПМБМ «Малахит»

В. А. Радченко — ген. директор завода «Звезда»

Л. В. Стругов — начальник управления Россудостроения

В. В. Шаталов — ген. директор КБ «Вымпел»

А. В. Шляхтенко — начальник — ген. конструктор ЦМКБ «Алмаз»

О. Б. Шуляковский — ген. директор Балтийского завода

В. Е. Юхнин — начальник — ген. конструктор Северного ПКБ

ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

А. Н. Хаустов, тел. (812)186-05-30, факс: (812)186-04-59

e-mail: cniits@telegraph.spb.ru www.setcorp.ru/sudostroenie

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ

В. В. Климов, тел. (812)186-16-09

РЕДАКТОРЫ ОТДЕЛОВ

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

АДРЕС РЕДАКЦИИ

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

ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ ФГУП ЦНИИТС

© Журнал «Судостроение», 2002

НА ПРЕДПРИЯТИЯХ СУДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

3

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СУДОВ

Маскалик А. И. Экранопланы — транспорт XXI века

9

Гайкович А. И., Калмук А. С., Козлов А. С., Пегашев Г. Ю., Смирнов С. А., Фирсов В. Б. Предэскизное автоматизированное проектирование надводных судов

16

Лобаков Е. И., Козюков Л. В. К вопросу о спрямлении опрокинутого корабля

20

Старцев С. Б. Прогнозирование гидродинамического шума, излучаемого крыльевыми конструкциями корабля

21

Никитенков С. С., Климов В. В. «Брянск» — судно-сборщик льяльных и сточных вод.

23

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

Степанов А. М., Федоров А. Л. Снижение уровня шумоизлучения водометных движителей

26

Колпаков С. П. Повышение экологической безопасности судовых паровых котлов путем уменьшения эмиссии оксидов азота

29

ЭЛЕКТРО- И РАДИООБОРУДОВАНИЕ СУДОВ

Яковлев А. Ф. Использование элементов надстроек корабля для улучшения характеристик коаксиальной логопериодической антенны

31

МОРСКОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

Комляков В. А. Гидродинамический измеритель скорости звука нового поколения

35

Большаков Ю. В., Сезонов Е. А. Расчет магнитного гистерезиса судна

38

ОРГАНИЗАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ПРОИЗВОДСТВА

Липис А. В., Рыжов В. А., Сизов В. А. Система планово-учетных единиц судостроительного предприятия и управление производством

41

ТЕХНОЛОГИЯ СУДОСТРОЕНИЯ И МАШИНОСТРОЕНИЯ

Гаврилюк Л. П. Разработка методик определения геометрических параметров объектов судостроения с использованием трехмерных средств измерения

44

Розинов А. Я., Синицкий В. А. Безводная технология контроля герметичности разъемных соединений корпусных конструкций

47

УТИЛИЗАЦИЯ СУДОВ

Ваучский М. Н. Новый подход к утилизации реакторных отсеков подводных лодок

50

Козлов В. С. Взрывная разделка судовых конструкций на металлолом

52

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОТДЕЛ

Хаустов А. Н. Судостроение Японии (56). **Субботин В. А.** Как стать чемпионом (58). **Антоненко С. В., Горбачев К. П., Грибов К. В.** Конгресс судостроителей в Японии (60). Памяти А. М. Подсушного (62). Зарубежная информация (40, 63). Переводческая гавань (30). Пожарное судно для нефтерминала (34). Конференции судостроителей в Санкт-Петербурге (43). Военно-морской салон пройдет в Санкт-Петербурге (49). Конгресс судостроителей состоится в 2003 г. (55)

ИСТОРИЯ СУДОСТРОЕНИЯ

Черников И. И. «Волгарь Добровolec»

64

Адриенко В. Г. Ледоколы «Надежный» и «Трувор»

66

Головнин Ю. И. Военный пароход «Геркулес»

73

SUDOSTROENIE
SHIPBUILDING**5•2002**

(744) September—October

CONTENTS

Published since September 1898

AT THE SHIPYARDS	3
SHIP DESIGN	
Maskalik A.I. Ekranoplans — the transport of XXI century	9
Gaykovich A. I., Kalmuk A. S., Kozlov A. S., Pegashev G. Yu., Smirnov S. A., Firsov V. B. Pre-conceptual automatic design of surface vessels	16
Lobakov E. I., Kozyukov L. V. On the problem of righting of overturned vessel	20
Startsev S.B. Forecasting of hydrodynamic noise, emitted by foil systems of a ship	21
Nikitenko S.S., Klimov V.V. «Bryansk» — the bilge and waste water collecting ship	23
SHIPBOARD POWER PLANTS	
Stepanov A. M., Feodorov A. L. Reduction of jet-propellers noise emission level	26
Kolpakov S.P. Improvement of ecological safety of shipboard steam boilers by decrease in emission of nitric oxide	29
MARINE ELECTRICAL AND RADIO EQUIPMENT	
Yakovlev A. F. Utilization of the ship's superstructure components for improvement of coaxial log-periodic antenna features	31
MARINE CONTROL SYSTEMS	
Komlyakov V. A. New generation hydroacoustic speed of sound meter	35
Bolshakov Yu. V., Sezonov E. A. Calculation of ship's magnetic hysteresis	38
INDUSTRIAL ENGINEERING AND ECONOMICS	
Lipis A. V., Ryzhov V. A., Sizov V. A. The system of planning-accounting indices of a shipyard and production control	41
SHIPBUILDING AND MARINE ENGINEERING TECHNOLOGIES	
Gavrilyuk L. P. Development of procedures for determination of geometric parameters of shipbuilding objects with the use of 3D measuring devices	44
Rozinov A. Ya., Sinitzky V. A. Waterless technology of control of ship structures' detachable joints tightness	47
UTILIZATION OF SHIPS	
Vauchsky M. N. New approach to utilization of submarine reactor compartments	50
Kozlov V. S. Explosion cutting of ship's structures into scrap	52
INFORMATION SECTION	
Khaustov A.N. Japan shipbuilding (56). Subbotin V. A. How to become a champion (58). Antonenko S. V., Gorbachev K. P., Gribov K. V. Congress of shipbuilders in Japan (60). For the memory of A. M. Podsushny (62). Foreign information (40,63). Translator harbor (30). Firefighting ship for oil terminal (34). Conference of shipbuilders in Saint Petersburg (43). Navy show will be held in Saint Petersburg (49). Congress of shipbuilders will be held in 2003 (55)	
HISTORY OF SHIPBUILDING	
Tchernikov I. I. «Volgar-Dobrovolets»	64
Andrienko V. G. Icebreakers «Nadezhny» and «Truvor»	66
Golovnin Yu. I. Naval steamship «Gerkules»	73

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

На 1-й стр. обложки — представительская яхта Президента России «Кавказ» после ремонта и модернизации на ОАО СФ «Алмаз» (фото А. Н. Хаустова); на 3-й стр. — погрузка угля на линейный корабль «Гангут» (репродукция из альбома «Российский императорский флот», художник А. В. Ганзен); на 4-й стр. — судно для сбора льяльных и сточных вод «Брянск» построено ОАО «Выборгский судостроительный завод» по пр. 21460, разработанному КБ «Восток», входящим в ФГУП ЦНИИТС (фото предоставлено заводом)

Журнал выпущен при поддержке
ФГУП ЦКБ МТ «Рубин»,
ФГУП СПМБМ «Малахит»,
ГУП ЦНИИ «Гидроприбор»,
ФГУП «Средне-Невский судостроительный завод»

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. Сияжкова
Е. П. Смирнова
Н. Э. Смирнова

Компьютерная верстка

Г. А. Князева
Л. П. Козлова

Цветоделение

О. И. Руденко

Перевод

К. Д. Могилко

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 14.10.2002 г.
Каталожная цена 100 руб.

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

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

НА ПРЕДПРИЯТИЯХ СУДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

ОАО «БАЛТИЙСКИЙ ЗАВОД»

Важным направлением работ машиностроительных цехов завода становится изготовление теплообменных аппаратов для атомных электростанций, строящихся за рубежом. В начале июля 2002 г. первый теплообменник был изготовлен и отправлен в г. Ляньюньгань (КНР) для оснащения АЭС «Тяньвань». Всего балтийцы поставят шесть аппаратов для двух китайских энергоблоков. Заказчиком выступает ЗАО «Атомстройэкспорт» (договор заключен в январе 2001 г.), техпроект теплообменни-

ржавеющих труб методом холодной навивки. Но прежде чем приступить к выполнению заказа завод получил лицензию на изготовление оборудования для АЭС, а специалисты, участвующие в этих работах, прошли обучение и аттестацию.

Поэтому закономерен следующий договор, подписанный 19 июля на поставку 16 теплообменных аппаратов для строящейся в Индии АЭС «Куданкулам». Заказчиком выступает ЗАО «Комплект—Атом—Ижора». Контракт на сооружение двух энергоблоков мощностью по 1000 МВт ЗАО «Атомстройэкспорт» подписало с Nuclear Power Corporation of India Ltd в феврале

после получения заводом рабочей документации.

* * *

15 августа завод успешно спустил на воду 112-метровый корпус автомобильно-пассажирского парома «Lobo Marinho 1», построенный по заказу португальской верфи Estaleiros Navais de Viana do Castelo S. A. (ENVC) в соответствии с правилами Bureau Veritas. Судно было заложено 28 января 2002 г. (см. «Судостроение», 2002 г., № 1, стр. 7), и его планировалось отбуксировать на достройку на верфь ENVC в июне, однако заказчик в процессе изготовления корпуса предложил заводу дополнительно сформировать надстройку и установить фундаменты под механизмы и оборудование; соответственно сумма контракта (около 4 млн дол.) возросла примерно на 1 млн дол. и срок спуска на воду отодвинулся.

Первый опыт сотрудничества с португальцами признан успешным. Прямо на стапеле было подписано соглашение о дальнейшем сотрудничестве «Балтийского завода» и ENVC при строительстве судов.

При выполнении португальского заказа впервые на заводе на практике использовалась интегрированная система управления BAAN: одновременно с «бумажным» документооборотом процессы, связанные с нормированием, закупками, учетом и расходом материалов, осуществлялись с помощью этой системы.



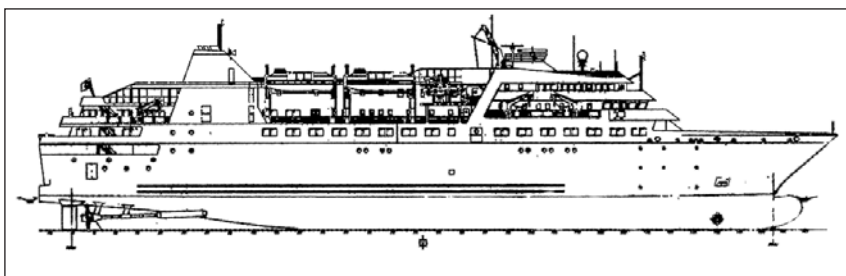
6 августа на морскую часть заводских ходовых испытаний отправился фрегат «Trishul» (на этот период кораблю было дано имя «Ударный») — второй из серии фрегатов пр. 11356, строящихся ОАО «Балтийский завод» для ВМС Индии. Испытания проходили в зонах действия Ленинградской и Балтийской военно-морских баз. В отличие от головного фрегата «Talwar» ходовые испытания на втором корабле проходили по сокращенной программе, так как ряд оружейных комплексов, представленных на первом фрегате головными образцами, переведен в разряд серийных ([www. bz. ru](http://www.bz.ru))

ков разработало ГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт атомного машиностроения», рабочий проект — ОАО «СКБ котлостроения». Уникальная трубная система аппаратов изготовлена из не-

2002 г. Балтийцы изготовят теплообменники двух видов — аварийного расхолаживания и регенеративные. Первая партия — по четыре аппарата каждого вида — должна быть поставлена заказчику через 5 мес

ООО «СИБИРСКИЙ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД им. ПОБЕЖИМОВА Г. Т.»

ООО «Сибирский судостроительный завод им. Побезимова Г. Т.» создан на базе эффективного производства ОАО «Красноярский судостроительный завод». За годы свое-



Автомобильно-пассажирский паром «Lobo Marinho 1» — плод сотрудничества ОАО «Балтийский завод» и португальской верфи ENVC. Основные элементы и характеристики: длина 112 м, ширина 20 м, максимальная осадка 4,7 м, дедвейт 1100 т, скорость 21 уз, число пассажиров и команда — 1200 чел., автомобилемместимость 145 шт.

го существования предприятие построило более 1000 судов различных типов и назначений, как самоходных, так и несамоходных, а также выпустило около 1000 ед. спецтехники.

Корпусообработывающее производство расположено на площади более 5000 м², оснащено высокопроизводительным оборудованием и механизированными линиями для предварительной обработки судостроительной стали и ее раскроя на машинах плазменной резки «Кристалл». Сборочно-сварочное производство (более 6000 м²) оснащено универсальной и специализированной сборочно-сварочной оснасткой, автоматическим и полуавтоматическим сварочным оборудованием. Стапельное производство (7000 м²) обслуживается кранами грузоподъемностью до 30 т. Механизированное спусковое устройство сейчас модернизируется; по окончании работ будут возможны круглогодичный подъем и спуск судов массой до 3000 т.

Судостроительное производство завода специализировано на строительстве грузовых теплоходов смешанного плавания и барж-площадок. В настоящее время в постройке находится очередной грузовой теплоход пр. А17437. Ведется работа с ОАО «Газпром» по вопросу строительства сухогрузных и нефтеналивных барж пр. 81100 и пр. 81370 для его предприятий.

Завод располагает мощным машиностроительным производством, имеющим стабильную загрузку. Механосборочные цеха оснащены оборудованием, позволяющим обеспечить изготовление сложнейших узлов, в том числе для изделий спецтехники. Заготовительные цеха располагают кузнечно-прессовым оборудованием мощностью от 400 до 800 т, молотами с массой падающих частей от 2 до 5 т, участками гальванопокрытий, термообработки и горячего цинкования изделий.

Контроль качества обеспечивается современными лабораторными средствами и аппаратурой, позволяющей проводить рентгенографический и люминесцентный контроль, проверку химического состава и механических свойств образцов.

На заводе серийно выпускаются шасси унифицированных мостов ведущих колес к зерноуборочным



18 июня состоялся спуск на воду с помощью плавдока патрульного катера пр. 10412, построенного ОАО СФ «Алмаз» для Вьетнама

комбайнам «Енисей-1200», а также большая номенклатура запасных частей к сельскохозяйственной технике.

ОАО «СУДОСТРОИТЕЛЬНАЯ ФИРМА «АЛМАЗ»»

18 июля 2002 г. состоялся спуск на воду с помощью плавдока патрульного катера пр. 10412 (типа «Светляк»), построенного для Вьетнама. Катера этого типа, спроектированные ЦМКБ «Алмаз», серийно строятся для Федеральной пограничной службы России. В ноябре 2001 г. контракт на поставку двух патрульных катеров пр. 10412 во Вьетнам был подписан ФГУП «Рособоронэкспорт». Заказ передали СФ «Алмаз», причем его требовалось выполнить в течение 14 мес. Постройка велась с опережением графика, поэтому оба корабля намечено отправить во Вьетнам в октябре 2002 г.

ОАО МЗ «АЛМАЗ»

15 июля 2002 г. завод передал на функциональные испытания катер-нефтемусоросборщик (пр. 9200, ООО «Квартет»), построенный по заказу ООО «Торговый дом «Транснефть»» для обслуживания нефтяного терминала порта Приморск. На катере установлена щеточная система, позволяющая не только собирать нефтяную пленку с поверхности воды, но и осуществлять сепарацию нефти от воды. Постройка велась практически параллельно с

разработкой конструкторской документации, при этом учитывались все замечания и пожелания моряков портофлота Приморска, которые будут эксплуатировать катер, обеспечивая экологическую чистоту акватории.

28 сентября спущен на воду нефтемусоросборщик «Рубеж» (пр. 82290, ООО «Квартет»), построенный по заказу Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Администрации Санкт-Петербурга для работы на реках и каналах города: ликвидации разливов нефтепродуктов и сбора мусора, установках боковых заграждений, сбора с судов льяльных вод.

Создание этих судов — новый для завода этап развития программы строительства природоохранных судов. До этого были сданы три судна-катамарана для экологического мониторинга водной среды, в том числе одно морское, оснащенные уникальными приборными комплексами.

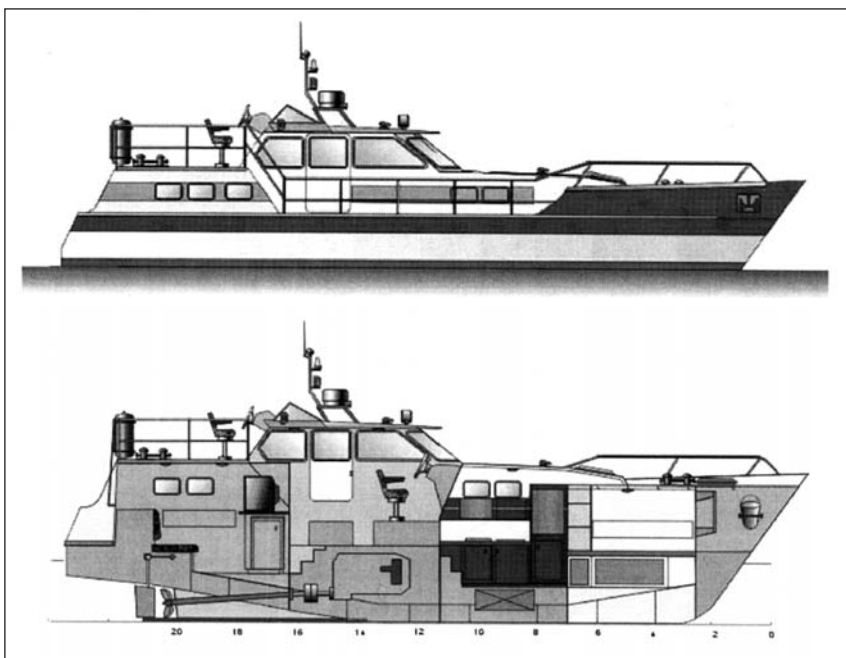
ЗАО «ОХТИНСКАЯ ВЕРФЬ»

«Охтинская верфь» — участник «Бот шоу—2002» в Санкт-Петербурге — молодое российское предприятие, работающее в области малотоннажного судостроения с 1995 г. Основные направления его деятельности — проектирование и постройка стальных катеров различного назначения, малотоннажных рыболовных судов, плавучих причалов и понтонов для кафе, плавдока и т. п. Осуществляются также капитальный

ремонт и переоборудование судов водоизмещением до 200 т. Недавно для частного заказчика построена прогулочная моторная яхта «Охта» (пр. 13002). Судно, имеющее наибольшую длину 12,6 м, ширину 3,5 м, высоту борта на миделе 2 м, водоизмещение 13 т при осадке 0,9 м, оснащено дизель-редукторным агрегатом с автоматическим реверс-редуктором французской фирмы Nanni Diesel марки 4.330 TDI мощностью 95 кВт, который обеспечивает скорость 11 уз. Оснащение судна включает два поста управления, камбуз, душ и галюн, систему обогрева помещений, спасательное оборудование и др. Предусмотрено шесть спальных мест. Запас топлива 1,4 т, воды 0,4 т, объем сточной цистерны 0,4 т. Стальной корпус имеет смешанную систему набора, толщина обшивки 6 мм. В настоящее время строится вторая такая яхта.

ФГУП СПМБМ «МАЛАХИТ»

В рамках разработки семейства экспортных вариантов современных многоцелевых неатомных малых подводных лодок прибрежного действия СПМБМ «Малахит» выполнило концептуальный проект П-170 лодки водоизмещением 190 м³. Ее размерения 33,5 x 4,7 x 5,1 м, предельная глубина погружения 200 м, скорость полного подводного хода 10 уз, дальность плавания с непрерывной подводной экономической скоростью 1000 миль (полная — 2000 миль), автономность 20 сут. Подводная лодка может быть воору-



Вид сбоку и продольный разрез прогулочной моторной яхты «Охта», построенной ЗАО «Охтинская верфь»

жена торпедами (6 x 400 мм) и двумя носителями водолазов типа «Сирена-УМ» в навесных контейнерах. Экипаж состоит из 4 чел. плюс 6 водолазов (боевых пловцов). Исходя из особенностей боевого использования в прибрежных районах, лодку отличает высокий уровень защищенности по физическим полям за счет применения титанового сплава и стеклопластиковых материалов для изготовления корпуса, а также ряда конструктивных мер по борьбе с шумом, снижению магнитного и электромагнитного полей. Предусмотрена возможность постройки малых лодок на верфях заказчика.

тывающий цех, склад консервов (30 м³), а траловое, грузовое и другие устройства перенесены на продленную в корму бывшую палубу бака, переходящую теперь в слип. В процессе работ было демонтировано около 125 т конструкций и установлено 182 т. Смонтированы производственное оборудование, морозильные аппараты, новая холодильная установка, размещен дополнительный твердый балласт и др. Применена современная промысловая схема траления «Дубль» и обеспечена температура хранения продукции — 28 °С. Все это измени-

ло внешний вид судна, привело к увеличению осадки с 4,4 до 4,6 м на миделе, но ледовый класс остался Л2 и район плавания — неограниченный. Суда теперь могут полностью использовать свою автономность, которая ранее ограничивалась нормированным сроком хранения охлажденной рыбы — около 7 сут. Проекты переоборудования выполнены в Мурманске и Санкт-Петербурге.

ОАО СЗ «СЕВЕРНАЯ ВЕРФЬ»

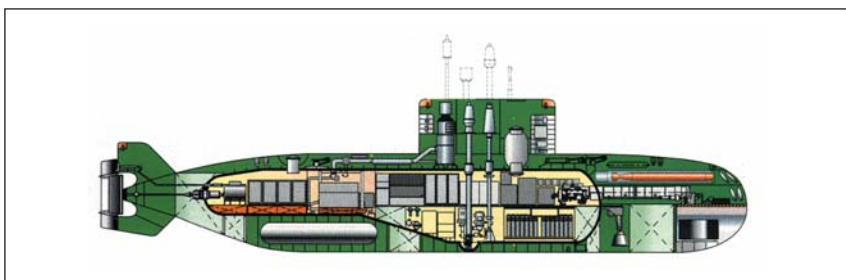
20 июня на СЗ «Северная верфь» прошла третья всероссийская научно-практическая конференция «Информационные технологии в судостроении — 2002». Ее организаторы — «Северная верфь», «Компьютер—Информ» при поддержке Комитета по информатизации и связи Санкт-Петербурга — привлекли к участию в конференции ряд ведущих в этой области фирм. Работа проходила в двух секциях: корпоративные информационные системы и САПР. Свои новейшие разработки представили Microsoft, «Ланк», Tribon Solution, Consistent Software/ESG, «Компас», HP, РАМЭК-ВС, IT, BAAN, «Галактика», «Эврика», TopS Business Integrator, «Ксерокс СНГ», IBM, Intergraph, АНД Проджект, HetNet, MSC Software Corp. и др. Опытном внедрения информационных систем в судостроении поделились представители «Северной верфи», Невского ПКБ, Канонерского СРЗ, «Адмиралтей-

ФГУП СРЗ «НЕРПА»

Завод освоил переоборудование рефрижераторных сейнер-траулеров пр. 503 в средние морозильные траулеры («Вариант», «Ярославец» и др.). Если ранее эти суда доставляли в порт или на транспортные рефрижераторы в основном сырье, то теперь они могут не только добывать рыбу с помощью разноглубинного трала, но и производить конечную продукцию — мороженую рыбу, филе, консервы из печени. После переоборудования (без изменения размерений) емкость трюма увеличена до 360 м³, на верхней палубе расположен рыбообраба-



Переоборудование траулера «Вариант» пр. 503 в плавдоке ФГУП СРЗ «Нерпа»



Малая подводная лодка П-170 разработана для экспорта специалистами ФГУП СПМБМ «Малахит»

ских верфей», Балтийского завода, КБ «Вымпел», ЦКБ МТ «Рубин», ПКБ «Севмаш» и др.

Обсуждались такие актуальные темы, как CALS/PLM-технологии, ERP-системы, компьютерные архивы и базы данных, корпоративные информационные системы, электронный документооборот, автоматизированный выпуск конструкторской и другой документации и т. д. На конференции, в частности, была продемонстрирована в действии недавно внедренная система передачи по электронному каналу проектной документации из КБ «Вымпел» (Нижний Новгород) на «Северную верфь» (Санкт-Петербург) для обеспечения постройки серии сухогрузов пр. 01010. Ранее подобным образом конструкторы КБ «Вымпел» передавали документацию финской фирме PI-Rauta при совместном проектировании паромов, строившихся на верфи Aker-Finnyards.

ОАО «ЯРОСЛАВСКИЙ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД»

В июле ярославские корабли отправили в Голландию корпуса четырех портовых катеров — трех из алюминивно-магниевого сплава и одного из стали. Ранее предвари-

тельную приемку заказчиком и инспекторами Lloyd's Register они прошли на заводе с выдачей соответствующих сертификатов. Опыт выполнения заказа по западной технологии (без стпель-кондуктора) обобщен заводскими специалистами. Основной вывод: для успешного развития экспортного судостроения необходимо повышение ответственности и квалификации работников, улучшение технической оснащенности производства. Требуется безупречное качество гибки листовых и профильных деталей, а тщательная отработка технологии сварки позволит предупредить деформации корпуса. Работа с экспортными заказами требует знания основ английского языка ведущими специалистами технического отдела, необходимо изучать опыт работы западных верфей, их методы проверки качества и приемки изделий. В целом сборка корпусов без кондукторов (вверх килем) дает сокращение сроков технологической подготовки производства за счет исключения времени на создание технологической оснастки, а следовательно — и материальных затрат.

Летом 2002 г. на заводе в стройке находилось 20 заказов (пр. 503М/РОС, пр. 745, пр. 10410 и др.), и все они обеспечены контрактами.

ООО «МОТРАНС КРАФТ»

Яхтенная верфь ООО «Мортранс крафт», основанная в Санкт-Петербурге в 1999 г., входит в группу компаний «Мортранс», работающую с 1992 г. в транспортно-экспедиторской сфере. «Мортранс крафт» — участник «Бот шоу—2002» в Санкт-Петербурге — строит парусные и моторные яхты длиной 10—24 м из алюминиевых сплавов, стали или дерева по индивидуальным заказам. При этом верфь стремится использовать новейшие материалы и технологии, сертифицированное европейское оборудование. Совместные проекты создаются с яхтенными конструкторами Голландии и Испании на основе правил Lloyd's Register и с применением трехмерного моделирования на ПЭВМ. Раскрой деталей корпуса осуществляется в Голландии на лазерном оборудовании с ЧПУ, применяется современное сварочное и окрасочное оборудование. Сейчас отработывается технология использования системы CAD для компьютерного проектирования и раскроя элементов внутренней отделки, что позволит изготавливать, например, мебель до готовности корпуса.

Недавно верфь построила классический мотобот КС-18 по голландскому проекту, ходовые испытания прошла модернизированная моторная яхта «Навигатор-2», началась сборка корпуса классической парусно-моторной яхты МТ-37, восстанавливается немецкий катер 1933 г., по результатам испытаний концепт-яхты «Скат-27» готовится проект нового алюминиевого «мотосейлера» «Скат-30», продолжают работы над проектами океанской круизной яхты МТ-65 и моторного катамарана МТ-112 с дальностью плавания до 1000 миль.



Пректы, над которыми сейчас работает яхтенная верфь ООО «Мортранс крафт»

ЗАО «АЗОВСКАЯ СУДОВЕРФЬ»

За более чем 70-летнюю историю «Азовская судоверфь» накопила большой опыт постройки судов водоизмещением до 300 т рыбопромыслового и технического флота, а также научно-исследовательских и разъездных судов. В настоящее время в производственную программу предприятия, в частности, входит постройка средних черноморских сейнеров пр. 13301, морских буксиров пр. 14970, малых рыболовных ботов пр. 13312. Так, рыболовные боты пр. 13312 могут устанавливаться с различными промысловыми устройствами, обеспечивающими лов рыбы в прибрежной зоне с помощью сетей, ловушек или донных ярусов. Размеры бота 12,7/11,6 x 3,7 x 1,7 м, водоизмещение около 40 т, осадка 1,3 м, автономность 5 сут, емкость трюма 20 м³, главный двигатель ЯАЗ-204А-ср, скорость хода около 8 уз при мощности двигателя 55 кВт. Кроме того, судоверфь занимается переоборудованием и ремонтом судов, а также ремонтом судовых дизелей мощностью до 370 кВт, изготовлением запасных частей. На площадке судоверфи действует комплекс по перегрузке сыпучих и лесных грузов, металлолома, удобрений, контейнеров. Для этой цели используются два причала длиной 250 м, три плавкрана по 5 т, козловой кран (10 т) и буксир.

При заводской лаборатории действует аттестационный центр сварщиков, имеющий аккредитацию Регистра и обеспечивающий теоретическую и практическую подготовку сварщиков в соответствии с нормами и требованиями РС и EN287.1, разработку программ испытаний для одобрения сварочных технологий и др.

ОАО ОМЗ

ОАО «Объединенные машиностроительные заводы» (Москва) недавно приобрело 20% акций ОАО «Судостроительный и судоремонтный завод им. III Интернационала» в Астрахани



26 июня из эллинга ФГУП ПО «Севмаш» состоялся торжественный вывод после ремонта и модернизации тяжелого атомного ракетного подводного крейсера стратегического назначения пр. 941 («Дмитрий Донской»), на котором присутствовал министр обороны России С. Б. Иванов (www.shipbuilding.ru). Проект лодки разработан ФГУП ЦКБМТ «Рубин» (www.ckb-rubin.ru)

и планирует довести свой пакет акций до контрольного. Цель — усиление судостроительных мощностей ОМЗ, в частности, для обеспечения постройки морских буровых платформ для Каспийского моря. ОМЗ уже контролирует ОАО «Завод «Красное Сормово»» и ОАО «Нижегородский теплоход». Удобное расположение «ССЗ им. III Интернационала» позволяет осуществлять достройку платформ в непосредственной близости от районов эксплуатации.

Среди выполненных заводом заказов последних трех лет — два контейнеровоза и танкер-химвоз для голландской фирмы «Бреко», корпуса сухогрузного состава и барж для голландских заказчиков, баржа — ледовый защитник для бурового комплекса на месторождении Восточный Кашаган (заказчик —

AGIP). Объем продаж в 2001 г. составил 190 млн руб., чистая прибыль — 24,7 млн руб.

Весной этого года ОМЗ приобрели за 15 млн дол. фирму Friede&Goldman Ltd (США, Хьюстон) — ведущего проектанта морских буровых установок. По ее проектам построено свыше 100 платформ, причем из 420 действующих сейчас в мире 60 платформ построено по ее проектам. Сделка состоялась с судостроительной фирмой Friede&Goldman Halter (FGH) в ходе торгов по имущественным долгам FGH. В тендере принимали участие лидеры по строительству ПБУ и СПБУ, например, Keppel FELS (Сингапур).

АССОЦИАЦИЯ СУДОСТРОИТЕЛЕЙ АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Ассоциация создана с целью координации совместных действий по развитию судостроительной промышленности, маркетинговой политике в данной отрасли и представлению на внешнем и внутреннем рынках единого судостроительного комплекса Астраханской области. Кроме администрации области в Ассоциацию вошли 10 крупных судостроительных и судоремонтных заводов: ОАО «Ахтубинский СРЗ», ОАО ССЗ «Красные баррикады», ОАО «ССЗ им. III Интернационала», ЗАО «ССЗ им. Ленина», ОАО СЗ «Лотос», ОАО «ССЗ им. Урицкого», ОАО «Астраханская судостроительная верфь», ОАО «Первомайский СРЗ», ОАО «Слип», ОАО «Астраханский корабель».

Основные направления деятельности Ассоциации на ближайшее время: проведение рекламной компании; развитие межзаводской кооперации с целью снижения себестоимости судостроительной продукции, повышения качества и сокращения сроков постройки судов; разработка долгосрочного плана развития судостроительной промышленности области, включающего в себя такие направления, как техническое перевооружение, внедрение современных технологий в области управления производством и т. д. □

КОМПЛЕКСНОЕ ОСНАЩЕНИЕ КАМБУЗНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ КОРАБЛЕЙ И СУДОВ

СЕВЕР ТРЕЙД

- поставка и монтаж
- пусконаладочные работы
- техническое обслуживание
- береговое обслуживание

Санкт-Петербург, Б.Морская 18
 тел./факс (812) 311-8166, 311-8147, 311-4200
 Москва, ВВЦ (совхозный въезд), ДЦ СП Технопарк, оф. 33
 тел./факс (095) 234-5012, 234-5013

ЭКРАНОПЛАНЫ — ТРАНСПОРТ XXI ВЕКА

А. И. Маскалик, докт. техн. наук (ЗАО «Арктическая торгово-транспортная компания»)

УДК 629.57:656.61.087

В марте 2002 г. Международная морская организация (ИМО) завершила важный этап работы по безопасности экранопланов (ЭП), начатой в 1992 г. по инициативе российских специалистов и проходившей под руководством корреспондентской группы РФ. За прошедший период впервые были согласованы и успешно решены многие принципиальные вопросы юридического, технического и эксплуатационного характера. Разработаны и введены в действие изменения в Международные правила предупреждения столкновения судов в море (МППСС-72) и разработано первое международное «Временное руководство по безопасности экранопланов» (в дальнейшем — Руководство).

Создание этих документов имеет историческое значение, поскольку они впервые констатировали международное признание ЭП как нового перспективного морского транспортного средства и обеспечили юридическую основу для его дальнейшего развития и коммерческой эксплуатации на международных линиях. Эти документы подтвердили появление нового направления в мировой морской индустрии.

Концепция экранного эффекта и экранопланов. Явление, известное под названием экранный эффект, означает влияние экрана (опорной поверхности, которой может быть вода, лед, земля) на аэродинамические характеристики крыла (увеличение подъемной силы, уменьшение сопротивления, повышение аэродинамического качества). В природе экранный эффект умело используют водоплавающие птицы (такие как чайки, пеликаны и др.), парящие в непосредственной близости от водной поверхности без работы крыльями.

Несущие поверхности ЭП (воздушные крылья) сконструированы таким образом, чтобы максимально реализовать дополнительное давление под крылом за счет влияния экрана, которое создает дополнительную подъемную силу. Благодаря этому ЭП имеют более высокое гидроаэродинамическое качество, чем другие скоростные суда. Экранный эффект позволяет также совместно с устройством поддува под крыло, разработанным российскими судостроителями, значительно снизить взлетно-посадочные скорости ЭП и та-

ким образом повысить их мореходность, обеспечить амфибийность.

В Руководстве, принятом ИМО, даны следующие определения терминов «экрanoплан», «экранный эффект» и различных режимов эксплуатации.

Экрanoплан — это многорежимное судно, которое в своем основном эксплуатационном режиме летит с использованием экранного эффекта над водной или иной поверхностью без постоянного контакта с такой поверхностью и поддерживается в воздухе, главным образом, аэродинамической подъемной силой, генерируемой на воздушном крыле (крыльях), корпусе или их частях, предназначенных для использования действия экранного эффекта¹.

Экранный эффект — явление увеличения подъемной силы и уменьшения индуктивного сопротивления воздушного крыла при приближении к опорной поверхности — экрану (т. е. к поверхности воды, суши и т. д.).

Эксплуатационные режимы экранопланов:

водоизмещающий (displacement mode) — вес судна при движении и без движения полностью или преимущественно поддерживается гидростатическими силами;

глиссирования (planing mode) — режим нормальной эксплуатации судна на поверхности воды, при котором негидростатические силы существенно или преимущественно поддерживают вес судна;

переходный (transitional mode) — промежуточный режим между водоизмещающим и глиссирования;

экранный (ground effect mode) — основной эксплуатационный режим полета судна вблизи поверхности воды или иной опорной поверхности в диапазоне высот действия экранного эффекта;

взлета/посадки (take off/landing mode) — промежуточный режим между режимами глиссирования и экранным;

перелет (fly over mode) — кратковременное и ограниченное увеличение высоты полета ЭП типа В или С, превышающее высоту, при которой существует действие экранного эффекта, и не превосходящее минимальной безопасной высоты полета воздушного судна по требованиям Международной авиационной организации (ИКАО);

¹Суда, которые используют экранный эффект, но не отрываются полностью от водной поверхности (т.е. имеют постоянно погруженные в воду элементы конструкции) классифицируются ИМО не как ЭП, а как высокоскоростное судно (ВСС). Их безопасность должна обеспечиваться новым Кодом безопасности ВСС 2000, вступившим в действие с 1 июля 2002 г.



Поддув под крыло обеспечивает самостоятельный сход с суши

самолетный (aircraft mode) — полет ЭП типа С за пределами высоты действия экранного эффекта и минимальной безопасной высоты полета воздушного судна по требованиям ИКАО.

Для всех ЭП основным режимом эксплуатации является полет в непосредственной близости к поверхности моря с использованием экранного эффекта. Они постоянно находятся в пределах сферы эксплуатации обычных судов и должны подчиняться МППСС-72. Поэтому совместным решением ИМО и ИКАО экраноплан рассматривается не как самолет, который может плавать, а как судно, способное летать.

Некоторые ЭП обладают способностью увеличивать высоту полета за пределы действия экранного эффекта и даже летать на такой высоте, где действуют авиационные правила. Для разделения сфер юрисдикции ИМО и ИКАО все ЭП разделены в Руководстве на следующие три типа по способности и наличию разрешения (сертификата) эксплуатироваться также и за пределами высоты действия экранного эффекта:

тип А — судно, сертифицированное для эксплуатации только внутри зоны действия экранного эффекта. Во всех режимах эксплуатации подчиняется требованиям ИМО;

тип В — судно, которое сертифицировано кратковременно и на ограниченную величину увеличивать высоту полета за пределы действия экранного эффекта, но на расстояние от поверхности, не превосходящее 150 м. Также подчиняется требованиям ИМО, способно (при необходимости) кратковременно увеличивать вы-

соту полета для перелета через другое судно, препятствие, а также иных целей. Максимальная высота такого перелета должна быть меньше минимальной безопасной высоты полета воздушного судна по требованиям ИКАО (над морем — 150 м). Ограничение высоты в 150 м контролируется ИКАО;

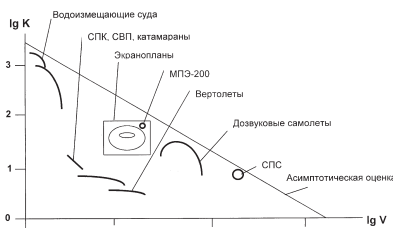


Диаграмма Кармана-Габриелли для оценки эффективности транспортных средств

тип С — судно, сертифицированное эксплуатироваться вне зоны действия экранного эффекта при высоте, превосходящей 150 м. Подчиняется требованиям ИМО во всех режимах эксплуатации кроме самолетного, при котором безопасность обеспечивается только требованиями ИКАО с учетом особенностей ЭП.

Нормативно-правовые документы Российского Морского Регистра

Судоходства (РМРС) и ИМО в сочетании с имеющимся опытом сертификации головных образцов малых экранопланов типа «Акваглайд» позволяют компании АТТК (ЗАО «Арктическая торгово-транспортная компания») в кратчайшие сроки приступить к строительству экранопланов типов А и В. Коллектив компании состоит из конструкторов, ученых и инженеров, являющихся элитой российской школы экранопланостроения, которая признана во всем мире. В нем воплощены обширные уникальные знания, основанные на 40-летнем практическом опыте разработки, строительства и эксплуатации ЭП водоизмещением от 1,5 до 540 т. Здесь ключ к успешному внедрению ЭП коммерческого назначения. Сейчас ни одна другая компания в мире не может причислить к своим активам опыт проектирования экранопланов с учетом требований сертификации и продемонстрировать экраноплан, удовлетворяющий требованиям международной и национальной сертификации¹.

Место экранопланов в мировой транспортной системе. ЭП занимают свою нишу в мировой системе транспорта, которая расположена между традиционными скоростными судами и самолетами. На широко применяемой в технике для оценки эффективности транспортных средств диаграмме Кармана-Габриелли, где по оси ординат нанесено значение совершенства транспортного средства K или его ходового качества, а по оси абсцисс — скорость движения V , видно, что в диапазоне скоростей 200—500 км/ч транспортная эффективность ЭП, определяемая произведением KV , значительно выше, чем у других транспортных средств.

Приближаясь по скорости к самолетам, ЭП имеют перед ними преимущества в виде возможности взлета и посадки с воды, в том числе



Экраноплан в движении с использованием экранного эффекта

¹См. также «Судостроение», 2002 г., № 4, с. 9, 10.



Туристы высаживаются из экраноплана после увлекательной поездки



Выход на рампу (Фрипорт, Багамы)

при значительном волнении (что недоступно гидросамолетам), длительного устойчивого полета на весьма малых высотах без применения систем автоматической стабилизации и управления, а также самостоятельного выхода на берег, базирования на нем, движения по нему и схода с берега.

Остановимся на отдельных показателях ЭП, которые определяют его достоинство.

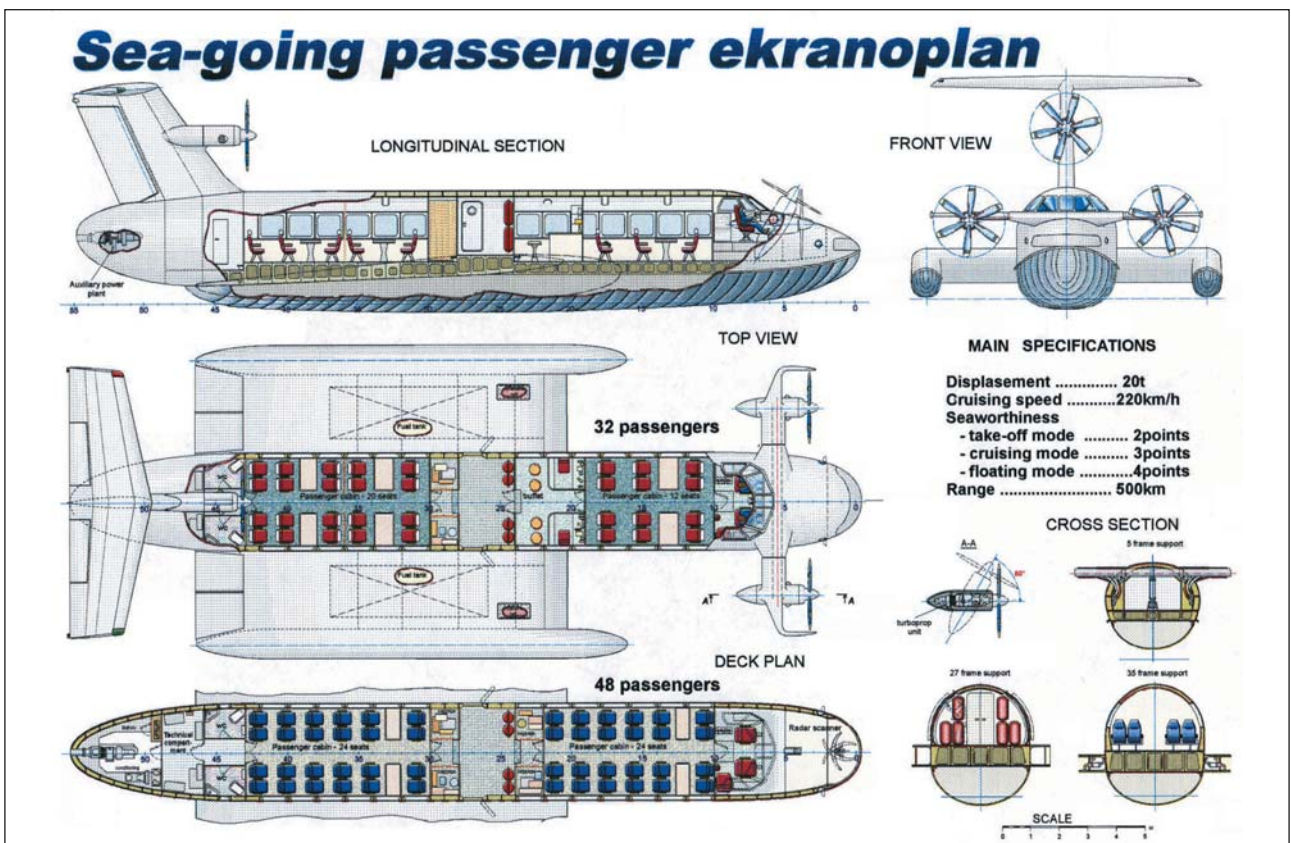
Скорость. Крейсерская скорость находящегося в эксплуатации малого экраноплана «Акваглайд-5» составляет около 170 км/ч, или 90 уз, что

сопоставимо со скоростью вертолета или скоростного поезда. ЭП больших размеров будут развивать крейсерские скорости до 500 км/ч.

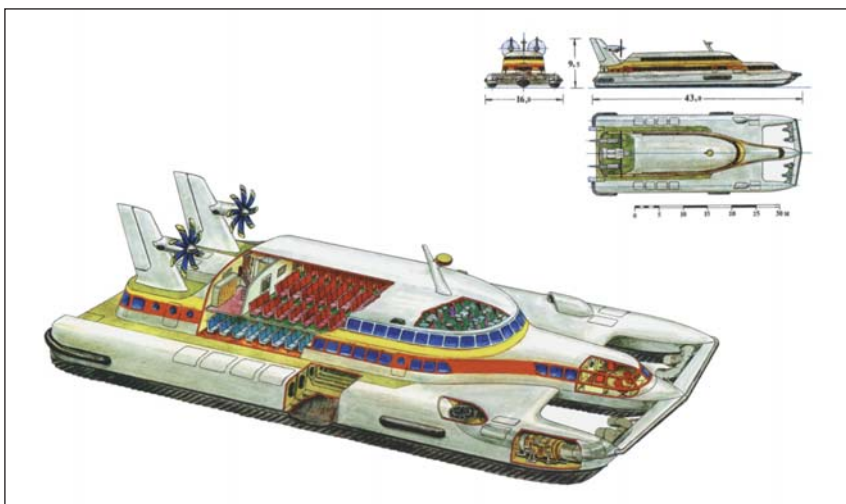
Топливная эффективность. Крейсерский режим движения на малой высоте, в пределах зоны влияния экранана, позволяет ЭП полностью использовать преимущества экранного эффекта. В результате снижается потребление топлива и возрастает экономическая эффективность ЭП. Энерговооруженность ЭП сопоставима с аналогичным показателем для грузовых автомобилей. Так, необходимая мощность на тонну веса у гру-

зовых автомобилей составляет 75–200 л. с., а у экранопланов — около 140 л. с. По потреблению бензина (менее 33 л на 100 км пути) «Акваглайд-5» можно сравнить с большой грузовой машиной. Средний расход топлива для ЭП больших размеров составляет 240–320 г/л. с./ч (8,2–11 унций/л. с./ч).

Комфортабельность. ЭП характеризуются высокой стабильностью хода, т. е. практическим отсутствием продольных, вертикальных и боковых перегрузок, что обеспечивается высокими стабилизирующими и демпфирующими свойствами экранного



Базовая компоновка экраноплана «Акваглайд-50»



Экраноплан «Акваглайд-200» для перевозки 200 пассажиров

эффекта. Подобных условий не обеспечивает ни одно водное скоростное транспортное средство.

Безопасность для окружающей среды. При движении вблизи экрана ЭП не вызывают волнения, не вредят морской флоре и фауне, не размывают берега рек и озер.

Амфибийные качества. ЭП нашей конструкции амфибийны. Они способны передвигаться по мелководью, песчаным банкам, пляжам, грунту, траве, снегу, льду и другим поверхностям. Это дает возможность использовать ЭП в местах, не доступных другим судам.

Условия использования. Для спуска ЭП на воду или подъема из воды нет необходимости применять трейлеры или краны. У нашей конструкции ЭП нет уязвимых посадочных устройств типа шасси. Для ЭП нет необходимости использовать особые стартово-посадочные сооружения.

Сокращенные сроки ввода в эксплуатацию. Поскольку при эксплуатации ЭП нет необходимости в сооружении портов, взлетно-посадочных полос или причалов, они могут вводиться в эксплуатацию в кратчайшие сроки. Это является дополнительным преимуществом для их дислокации в местах с неразвитой инфраструктурой.

Максимальная безопасность. В случае возникновения чрезвычайных ситуаций (отказ материальной части, ухудшение метеоусловий и др.) ЭП может быть всегда возвращен на «взлетно-посадочную полосу», которая всегда под ним. Надувные пневмобаллоны придают ЭП дополнительную плавучесть. В сочетании с использованием композитных мате-

риалов, секционированием центроплана и самих крыльев ЭП практически непотопляемы.

Комбинирование режимов эксплуатации. В зависимости от погодных условий или загруженности водных путей можно при необходимости использовать или сочетать различные режимы движения ЭП — водоизмещающий, глиссирующий с различной интенсивностью поддува и крейсерский (экранный).

Водителю не требуется летное удостоверение. Поскольку ЭП классифицируется как судно, для его водителя не требуется летное удостоверение, как для пилота самолета. Достаточно удостоверения судоводителя и минимальной подготовки под руководством инструкторов.

Развлечение для туристов. Уникальные возможности и футуристическая внешность делают ЭП привлекательным для туристов, которым могут быть предложены специальные программы, маршруты к ранее недоступным островам и т. п.

Области применения и некоторые рынки использования ЭП. Благодаря высокой скорости движения, мореходности, гибкости использования и транспортной эффективности экранопланы способны выполнять широкий спектр задач. При этом они не вытесняют из мировой транспортной сети традиционные средства перевозок, а заполняют пустующую нишу между водным и воздушным транспортом, создавая дополнительные возможности. Нет сомнения, что настало время внедрить новую форму экранопланного транспорта как прогрессивный вид услуг.

Можно выделить следующие возможные области применения ЭП:

коммерческая — такси на короткие и средние расстояния, скоростные перевозки грузов и пассажиров, туризм, сообщение между островами, скорая почта и курьерские услуги, суда для спорта и отдыха, перевозка продуктов малого срока хранения (в том числе свежих морепродуктов), бизнес-обслуживание, чартерное использование, многоцелевое обслуживание, перемещение над замерзшими водными путями;

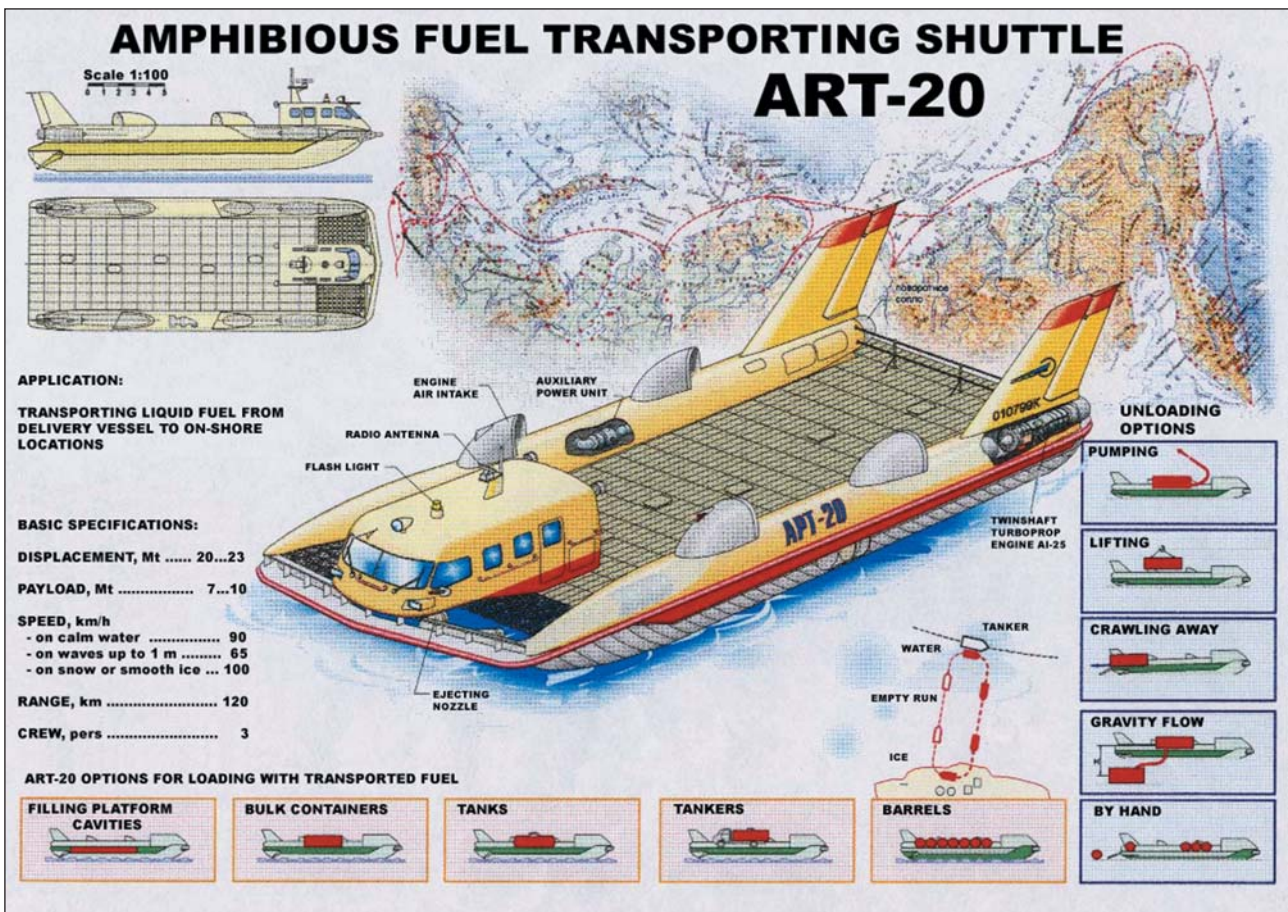
на службе государства — охрана правопорядка, патрулирование, береговая охрана, охрана окружающей среды, оперативное снабжение, оперативное перемещение, амфибийное использование, «невидимый» для радаров режим движения;

особые задачи — смена персонала на удаленных от берега объектах, поиск и спасение, транспортировка в непроходимых для традиционных судов районах (мелководье, болотистые местности, песчаные банки, снег, лед, рифы и прочие подводные препятствия), медицинская и служба скорой помощи, пожаротушение, быстрая эвакуация, экспедиционные услуги.

ЭП больших водоизмещений благодаря высокой скорости, грузоподъемности, мореходности и дальности хода смогут выполнять вышеперечисленные задачи в широких масштабах.

Истоки и перспективы развития. Ростислав Евгеньевич Алексеев, создатель российских судов на подводных крыльях и экранопланов, в конце 50-х годов пришел к заключению, что подводное крыло из-за кавитации исчерпало себя по скорости на отметке 100—120 км/ч. В 1959 г. он предложил использовать для увеличения скорости судов воздушное крыло, движущееся вблизи экрана. В 1961 г. было получено первое подтверждение этой идеи, когда был построен и успешно испытан первый образец ЭП. С этого года началась «эра экранопланов», коллектив ЦКБ по СПК приступил к разработке и строительству ЭП различных назначений и водоизмещений со взлетной массой от 1,5 до 540 т, став мировым лидером в области технологии экранного эффекта.

В 1992 г., когда определилось направление создания гражданских



Базовая компоновка амфибийного судна для транспортировки нефти и нефтепродуктов

ЭП, ближайшие соратники и ученики Р. Е. Алексева объединились под руководством Д. Н. Синицына в отдельную конструкторско-производственную компанию. Этой компанией, вошедшей в АТТК, были разработаны экранопланы второго поколения, предназначенные для гражданского применения. В качестве первого сертифицированного образца создан малый экраноплан «Акваглайд-5».

Основные этапы работ компании:

- с 1992 г. по инициативе компании рабочие группы специалистов России регулярно участвовали в конференциях ИМО с целью выработки формулировок и требований к Правилам классификации и строительства гражданских ЭП. В результате созданы нормативно-правовые документы РМРС и ИМО по экранопланам;

- образовано собственное конструкторское бюро и организовано производство для выпуска ЭП;

- получены права на проект ЭП «Акваглайд» в России;

- по правилам РМРС построен «Акваглайд-5»;

- под наблюдением РМРС проведена сертификация ЭП «Акваглайд»;

- «Акваглайд-5» стал первым в мире гражданским ЭП, что подтверждено соответствующим сертификатом РМРС;

- на прототип ЭП «Акваглайд» получен также «Сертификат статуса коммерческого судна» штата Вирджиния (США). Таким образом, эти ЭП получили право коммерческих пассажирских перевозок на водных акваториях США;

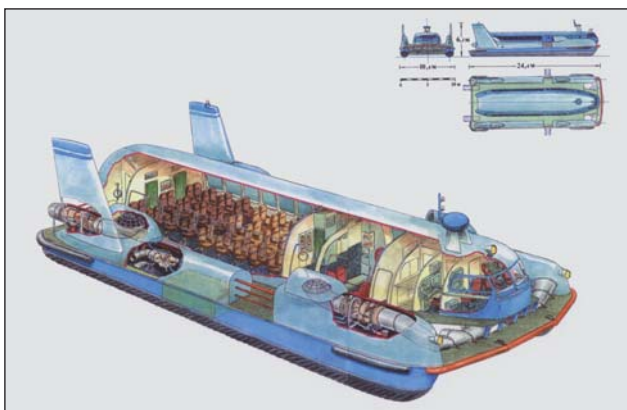
- сумма годового страхового взноса для коммерческого использования этого ЭП понижена до приемлемого уровня (в настоящее время около 11 000 дол. в год для прототипа «Акваглайд» в США и около 9000 дол. в Европе);

- информация об ЭП «Акваглайд» распространяется путем его демонстраций, презентаций, участия в выставках, публикаций в средствах массовой информации и на сайте в Интернете (www.att-nn.com);

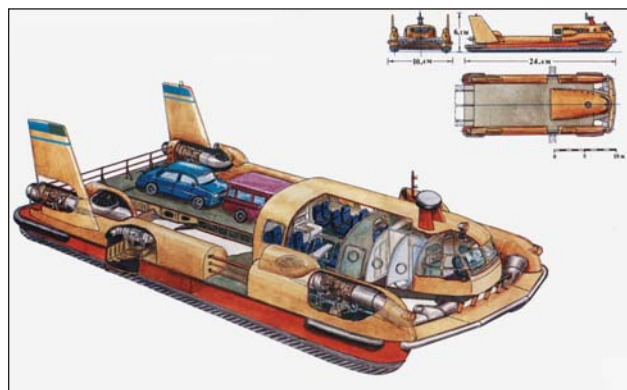
- выбраны подходящие регионы для использования малых экранопланов, создания баз по их техническому обслуживанию и подготовке водителей.

Малый экраноплан «Акваглайд-5» готов к серийному производству. К концу 2002 г. будет завершено строительство второго ЭП. Следующим шагом планируется строительство морского экраноплана типа А, рассчитанного на 32–50 пассажиров.

Экраноплан «Акваглайд-5» и его модификации. «Акваглайд-5» является малым пассажирским экранопланом типа А (табл. 1). Разработан для коммерческого использования и пропаганды новой технологии. Защищен российским патентом на промышленный образец. Данная модель сертифицирована РМРС. Хотя «Акваглайд-5» создан преимущественно для движения по воде и над водой, он также способен двигаться по мелководью, песчаным отмелям, над погруженными препятствиями, снегом, льдом и другими поверхностями. Его прототипом является малый морской прогулочный экраноплан



Компоновка «Аквэглайд-60» для перевозки 60 пассажиров



Комбинированный грузопассажирский вариант «Аквэглайд-60» (16 пассажиров и 4 автомобиля)

«Amphistar» (торговая марка в США — «Xtreme Xplorer»), созданный конструкторами нашей компании. В общей сложности построено 11 ЭП такого типа. Все они сертифицированы РМРС. Опытная коммерческая эксплуатация проводилась в России, США и на Багамах.

«Аквэглайд-5» в состоянии выполнять целый ряд задач быстро и эффективно, не нанося ущерба окружающей среде и, в то же время, предоставляя комфортные условия для пассажиров. При сборке ЭП используются зарубежные комплектующие, что упрощает его обслуживание. Автомобильный двигатель Mercedes Benz V-8, работающий на два воздушных винта, обеспечивает движение, причем ЭП на крейсерской скорости 170 км/ч не оставляет за собой волн.

Как и другие конструкторские разработки компании, «Аквэглайд-5»

0 до 60 градусов. Во время начала движения, посадки и на амфибийных режимах угол наклона винтов увеличивается, и большая часть воздушного потока направляется под крыло. Такая компоновка сокращает дистанцию разбега на воде и обеспечивает ЭП амфибийность. Отрываясь от твердой поверхности, ЭП может оставаться при этом практически на месте. «Аквэглайд-5» способен двигаться на одном из трех режимов, которые могут чередоваться в зависимости от внешних условий: водоизмещающем, глиссирующем и основном — вблизи экрана. ЭП амфибиен, т. е. может самостоятельно выходить на относительно ровные участки суши и песчаные отмели с уклоном до 5 градусов и самостоятельно сходить с них.

«Аквэглайд-50» — пассажирский ЭП на 32—48 чел., который использует те же принципы движения и

выполнен в трех вариантах: максимальной пассажироместимости (все места экономического класса) — 48 чел.; комфортном (все места 1-го класса) — 32 чел.; смешанном — количество пассажиров от 32 до 48 чел. Взлетно-посадочные режимы и полет обеспечиваются при волнах высотой до 1 м. ЭП способен выходить на прибрежные подготовленные площадки и естественные береговые отмели с углом 3° и сходить с них.

«Аквэглайд-200» — грузопассажирский ЭП для перевозки 35 т груза или 200 пассажиров. Он может быть отнесен к экранопланам типа А. Возможны следующие варианты ЭП: пассажирский (все места 1-го класса) — 210 чел.; грузопассажирский, например, 84 чел. и 9 легковых автомобилей; грузовой — 35 т. Взлетно-посадочные режимы и полет могут быть при волнах высотой до 2 м. Возможен выход на береговые отмели с углом 3° и сход с них.

«Аквэглайд-60» — грузопассажирское амфибийное судно, предназначенное для перевозки 10 т груза или 60 пассажиров. Является разновидностью судна на динамической воздушной подушке и может быть отнесено к ЭП типа А. Возможны следующие компоновки: с максимальной пассажироместимостью — 60 чел.; грузопассажирский вариант, например, 16 чел. и 4 легковых автомобиля; грузовая модификация — 10 т: ГСМ, контейнер, сыпучий груз. Амфибийность — 3°. Основное назначение судна — всепогодная перевозка грузов и пассажиров в светлое время суток на различных акваториях, в том числе заливах и крупных реках, в районах, где существует проблема быстрой доставки людей и продовольствия, а также для спасения людей. Особое при-

Основные характеристики экранопланов типа «Аквэглайд»

Характеристика	«Акварит-глайд-5»	«Аквэглайд-50»	«Аквэглайд-60»	«Аквэглайд-200»
Длина габаритная, м	10,7	30	23	43
Ширина габаритная, м	5,9	15	9,5	16
Высота габаритная, м	3,4	8	6	9,5
Водоизмещение, т	2,4	24	24	100
Пассажироместимость, чел./грузоподъемность, т	5*/—	До 48/—	60/10	200/35
Крейсерская скорость, км/ч	170	До 200	До 120	110-150
Дальность хода, км	400	До 1000	До 200	До 600
Мореходность**, м	0,35	До 1	До 1,25	До 2

* Включая водителя.

** Максимальная высота волны при движении с крейсерской скоростью.

использует поддув — устройство, обеспечивающее нагнетание воздушного потока от двигателя или воздушного винта под крыло, разгружающее ЭП на определенных режимах движения. Водитель имеет возможность изменять угол наклона винтов от

является экранопланом типа А. Он не имеет руля высоты, обладает естественной стабилизацией по углам тангажа и крена, а также по высоте, движется только в пределах влияния экрана (на высоте 0,3—0,5 м над водной поверхностью). ЭП может быть

менение — северный завоз в Заполярье. Может быть эффективно использован как рейдовый разгрузчик топлива, продуктов, материалов и оборудования в труднодоступных для обычных судов местах.

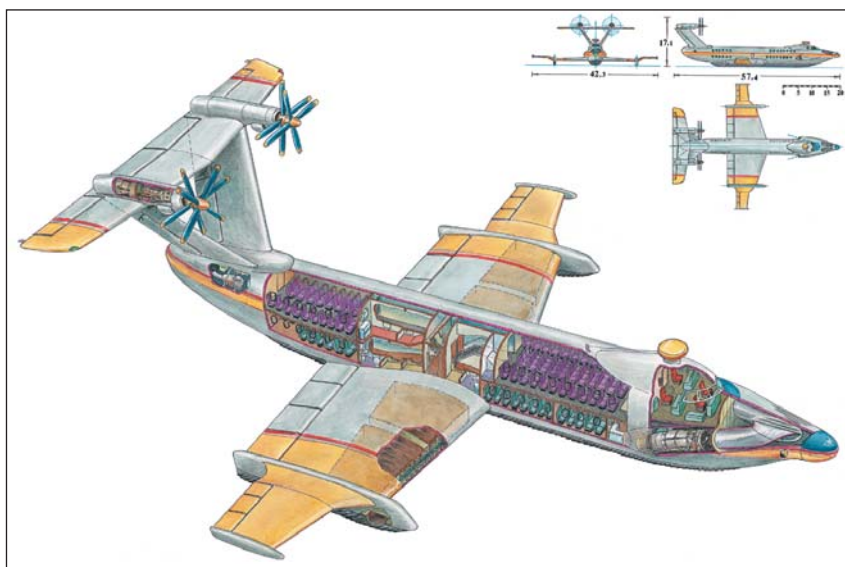
Радиоуправляемая модель судна построена и успешно прошла испытания. Рабочая конструкторская документация готовится для передачи в производство.

Компанией разработана и запатентована принципиальная аэрогидродинамическая компоновка морских пассажирских экранопланов (МПЭ), на основе которой разработана сетка МПЭ типа В водоизмещением от 10 до 450 т (табл. 2). Они являются мореходными судами, способными длительно летать вблизи экрана, а также обеспечивать подлеты для преодоления препятствий, так как могут устойчиво двигаться и вне зоны влияния экрана.

Эти экранопланы позволяют обеспечить морские перевозки со скоростями движения от 250 до 500 км/ч в условиях высокой комфортности (отсутствие качки и вертикальных перегрузок) и безопасности, обеспечиваемой аэродинамической компоновкой ЭП, возможностью совершить посадку в любом районе на трассе полета или преодолеть препятствие путем увеличения высоты полета.

Экранопланы со взлетной массой до 200 т включительно будут обладать амфибийными качествами, т. е. способностью осуществлять движение по мелководью и над участками суши, выходить на прибрежные подготовленные площадки и естественные береговые отмели, что обеспечивает пассажирским экранопланам и их грузовым модификациям решение ряда специфических задач, не доступных для судов и самолетов: доставку массовых грузов в необжитые и малоподготовленные районы на побережье водных акваторий, обеспечение пассажирских перевозок на малообитаемые и необитаемые острова, что открывает большие возможности для развития туризма.

Высокая скорость крейсерского движения, способность к взлету и посадке в море позволят также ЭП обеспечивать охрану водных границ от нарушителей и браконьеров, оперативно выполнять поисково-спасательные операции при катастрофах на море. Возможность круглогодич-



Базовая компоновка морского пассажирского экраноплана МПЭ-200 водоизмещением 200 т

ной эксплуатации экранопланов определяет их большие перспективы в освоении районов Сибири и Крайнего Севера.

Одной из первоочередных задач компании является реализация программы создания базовой модели транспортного экраноплана МПЭ-200. Уже разработаны принципиальные вопросы технического проекта: аэрогидродинамическая компоновка, массово-инерционные характеристики, полезная нагрузка, тактико-технические и экономические показатели. На первом этапе намечено спроектировать и пост-

определил ежегодную потребность в аппаратах «Акваглайд-5» на уровне 200—500 ед. Производственные возможности компании могут обеспечить поэтапное наращивание выпуска до 100 ЭП в год. В случае необходимости, для покрытия потребностей экспорта и российского рынка возможно размещение заказов на предприятиях Нижегородской области — свыше 200 ЭП в год, а также организация производства в странах Европы, в США, Канаде и др.

Планируется расширять поставки этих ЭП с одновременным увеличением объемов их производства сов-

Таблица 2

Основные характеристики морских пассажирских экранопланов

Характеристика	МПЭ-10	МПЭ-23	МПЭ-55	МПЭ-200	МПЭ-400
Длина габаритная, м	21	30	40	57	73
Ширина габаритная, м	15	20	28	42	53
Высота габаритная, м	7	8	10	16	21
Взлетная масса, т	9—10	23—25	55—60	170—200	420—470
Пассажировместимость, чел.	18	48	70	250	460
Скорость крейсерского полета, км/ч	240—270	280—320	300—350	360—410	450—500
Дальность крейсерского полета, км	1000	1000	1500	3000	5000
Мореходность на режимах взлета и посадки*	2 балла 0,75 м	2 балла 0,8 м	3 балла 1,2—1,3 м	4 балла 1,8—2,0 м	4-5 баллов 2,5—3,0 м
Мореходность на режиме крейсерского полета*	3 балла 1,25 м	3 балла 0,8—1,25 м	4 балла 2,0 м	5 баллов 3,5 м	6 баллов 6,0 м

* В баллах и для высоты волны 3%-й обеспеченности.

роить прототип коммерческого образца морского пассажирского экраноплана, организовать его серийное строительство.

Производственные планы. Анализ потребностей мирового рынка

местно с такими возможными партнерами, как производители судов и автомобилей, частными и корпоративными финансовыми учреждениями, имеющими соответствующий опыт, и предпринимателями, способными

предложить стратегические перспективы в области производства, продажи, эксплуатации и технического обслуживания экранопланов.

В настоящее время положительно оцениваются перспективы коммерческой эксплуатации ЭП в следующих регионах: Чесапикский залив (Chesapeake Bay) и острова Флорида Киз (Florida Keys) США, прибрежные районы Мексиканского залива, Багамские острова, крупные реки и озера, Адриатическое море, Мертвое море. Эти регионы удовлетворяют следующим важным условиям: подходящая гидрографическая ситуация, возможность эксплуатации более 300 дней в году, высокая плотность населения или процветающий туризм, актуальная необходимость в использовании экранопланов.

Демонстрации ЭП «Акваглайд-5» уже проводились в некоторых из этих регионов и планируются проводиться далее. Одновременно изучается возможность привлечения к изготовлению ЭП производств в ре-

гионах, где предполагается их эксплуатировать.

Заключение. По оценкам специалистов в XXI веке 80% мировых перевозок будет сконцентрировано в прибрежных районах рек, морей и океанов. Существующие переполненные морские порты и аэропорты уже испытывают проблемы. В то же время строительство новых морских портов и аэропортов требует огромных затрат как времени, так и средств. Экранопланы — это решение, позволяющее снять растущую проблему перегруженности морских и воздушных терминалов. Они способны обеспечить быструю, безопасную и комфортную транспортировку людей и грузов без использования специальных дорогостоящих терминалов. Эксплуатационные характеристики экранопланов, такие как гибкость использования, высокая топливная эффективность, безопасность для окружающей среды и кратчайшие сроки внедрения в эксплуатацию, позволят заполнить существующий пробел между быстрым и

дорогим авиационным транспортом и более дешевым, но тихоходным, морским транспортом.

Технология экранного эффекта является наиболее передовой, дающей человечеству новый взгляд на возможность пересмотра стратегии транспортных перевозок.

В рамках проектов, осуществляемых АТТК, предполагается строительство экранопланов различного функционального назначения: охрана водных границ и пресечение противозаконного промысла рыбы, проведение спасательных операций на суше и на море, доставка грузов и перевозка людей в условиях, не пригодных для других транспортных средств. Круглогодичная эксплуатация ЭП позволит решать широкий ряд народнохозяйственных задач в северных регионах. Использование экранопланов в транспортной схеме Калининградской области и других районах может оказать влияние на политический баланс сил в пользу России.

ПРЕДЭСКИЗНОЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ НАДВОДНЫХ СУДОВ

А. И. Гайкович, докт. техн. наук, А. С. Калмук, А. С. Козлов, Г. Ю. Пегашев, С. А. Смирнов, В. Б. Фирсов (ВМИИ)

УДК 681.322:629.5.001.63

Современная технология проектирования кораблей и судов ориентирована на применение вычислительной техники. Высшей формой такого использования являются системы автоматизированного проектирования (САПР). Структура САПР, необходимые вычислительные ре-

предназначены в основном для технического и рабочего проектирования. Для оперативной оценки проекта на начальных стадиях возможно использование только отдельных модулей этих систем. Оптимизация основных кораблестроительных элементов при широком варьировании

их модификация под конкретные требования заказчика связана с дополнительными денежными затратами (если такая модификация осуществляется в рамках индивидуального лицензионного соглашения) или наличием программистов высокой квалификации, которые могут связать разрабатываемые приложения с информационными ядрами систем.

В связи с этим на кафедре кораблестроения Военно-морского инженерного института (ВМИИ) разработана упрощенная САПР «Судно» для использования главным образом в качестве обучающей системы. В ряде случаев она может быть полезна в качестве «интеллектуального калькулятора» на стадии отработки концепции корабля, ведения предконтрактных переговоров и т. д.

При разработке САПР «Судно» в основу положены следующие принципы:

приспособление системы к конкретным проектам должно занимать минимальное время и быть по силам специалисту, владеющему только основами компьютерной грамотности; система должна быть ориентирована на оценку реализуемости проекта надводного судна, а также

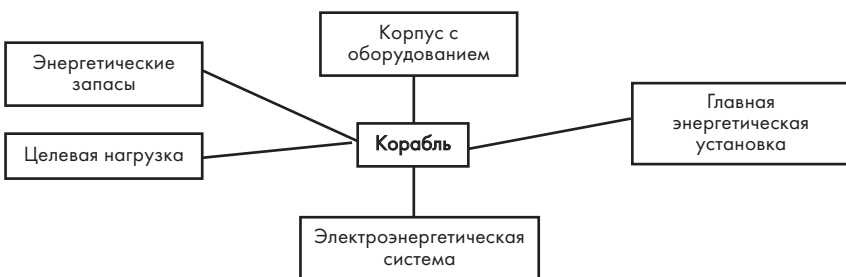


Рис. 1. Схема декомпозиции системы «Корабль» в САПР

сурсы определяются стадией проектирования, на которой данная система применяется. Такие САПР, как FORAN, CATIA, TRIBON и другие,

исходных данных и смене архитектурно-конструктивных типов достаточно трудоемка. Эти САПР дороги, требуют специального обучения, а

при восстановлении данных по судам, приведенных в различных справочниках или проектных материалах;

алгоритмы, используемые в расчетах, должны быть абсолютно «прозрачны» для пользователя и допускать вариантную параметрическую оптимизацию для основных кораблестроительных элементов;

графические материалы САПР можно ограничить схемами общего расположения.

Для реализации этих принципов САПР «Судно» выполнена в широко распространенной среде EXCEL фирмы Microsoft. САПР — это совокупность трех основных типов электронных таблиц: исходных данных, справочно-информационных и расчетно-информационных. Графические схемы также строятся в среде EXCEL на основе диаграмм, создаваемых на базе расчетных данных.

Основой САПР являются простейшие эмпирические и аналитические зависимости, не требующие наличия проработанного теоретического чертежа. Подобные зависимости могут обладать достаточной точностью, поскольку выводятся для конкретного типа судна на основе собственных материалов проектной группы и справочных данных соответствующих аналогов.

Ниже в качестве примера приведены расчетные зависимости построения САПР на указанных принципах.

Декомпозиция корабля на основные подсистемы, принятая при разработке САПР «Судно», приведена на рис. 1. Под подсистемой «Целевая нагрузка» понимается вся совокупность средств, необходимых для решения поставленной перед кораблем задачи.

Для использования данного варианта САПР «Судно» в состав исходных данных должны быть включены следующие характеристики: назначение судна, принцип поддержания, архитектурный тип, состав и характеристики целевой нагрузки (ЦН), материал конструкции корпуса и надстроек, типы энергоустановки, электроэнергетической системы и движителей, скорость полного и экономического хода, дальность плавания экономическим ходом, автономность по запасам провизии, количество пассажиров или других лиц, не входящих в состав экипажа.



Рис. 2. Структура базового расчетного блока САПР «Судно»

Исходными данными для оценки характеристик подсистем «Корпус с оборудованием», «Энергетическая установка» (ЭУ), «Электроэнергетическая система» (ЭЭС) и «Энергетические запасы» в базовом расчетном блоке САПР являются откорректированные статистические показатели по типовым проектам кораблей и их главным подсистемам, позволяющие на основе проектного задания рассчитать соответствующие технико-экономические и эксплуатационные характеристики. В процессе корректировки статистических показателей учитываются действующие нормативы требований к проектированию кораблей, а также прогнозируемые изменения характеристик на год создания корабля.

По каждому варианту проекта САПР предъявляет пользователю основные показатели по кораблю в целом и основные характеристики подсистем: масса; количество личного состава, требуемое для обслуживания подсистемы; стоимость поставок и контрагентских работ (КР), мощность и др. По исходным данным подсистем ЭУ, ЭЭС и ЦН вычисляются требуемые площади помещений и объемы, а по КР — располагаемые. Производится оценка стоимости подсистем.

Вычисляются главные размеры судна: для ЭУ — требуемые мощности на различных режимах движения, для ЭЭС — установленная мощность. Для корабля в целом приводится разность между располагаемыми и требуемыми площадями и объемами, а также требуемыми и имеющимися мощностями ЭЭС.

Для оценки массы подсистемы КР в базовом расчетном блоке (БРБ) использована эмпирическая формула

$$G_{\text{КР}} = [a(1 + D^b) + c] D, \quad (1)$$

где D — полное водоизмещение судна, т; a , b , c — статистические коэффициенты, исходные значения которых помещены в справочной таблице для подсистемы «Корпус с оборудованием».

Длина, ширина, высота борта и осадка корабля определяются по следующему набору эмпирических формул:

$$\begin{aligned} L &= (a_1 Fr_{\Delta} + b_1) D^{1/3}; \\ B &= L / (a_b Fr_{\Delta} + c_b); \end{aligned} \quad (2)$$

$$H = a_h T;$$

$$T = D / (\delta L B),$$

Варианты проектов судов, исследованных с помощью САПР «Судно»										
Тип корабля	Тип ЭУ	Полное водоизмещение, т	Скорость полного хода, уз	Использованные модули САПР						
				Базовый расчетный блок	Графический блок	Статика	Дополнительные расчетные модули			
							Целевая нагрузка	Корпус	Энергетическая установка	Электроэнергетическая система
Патрульно-сторожевой катер (полуглиссер)	ДУ	56,4	25,0	+	+	+	+	+	+	+
Сторожевой катер (скеговый)	ДУ	50,9	40,0	+	+		+			
Сторожевой катер на воздушной подушке	ГТУ	32,5	50,0	+	+		+			
Корвет	ДУ	900,0	35,0	+	+	+				
Фрегат	ГТУ	7570,0	30,0	+	+	+				
Эсминец	ПТУ	7938,0	32,0	+	+	+	+	+	+	+
Легкий крейсер	ГТУ	9746,0	31,0	+	+	+	+			
Легкий авианосец	ПТУ	31569,0	35,0	+	+	+	+			
Корабль комплексного снабжения	ДУ	12860,0	19,6	+	+	+				

где $F_{r\Delta}$ — число Фруда по водоизмещению; δ — коэффициент общей полноты, a_l, b_l — статистические коэффициенты.

Суммарная площадь палуб помещений корпуса и надстроек и их объем определяются по формулам

$$S = a_s LB; \tag{3}$$

$$W = a_w LBH, \tag{4}$$

а стоимость подсистемы «Корпус»

$$C_{кр} = c_k (D^y). \tag{5}$$

Статистические коэффициенты формул (2)...(5): $a_b, c_b, a_h, a_s, a_w, c_k, y$ — хранятся в справочно-информационных таблицах подсистемы «Корпус».

В подсистеме ЭУ используются эмпирические зависимости для оценки основных характеристик следующих типов ЭУ: котлотурбинной, газотурбинной, дизельной, дизель-газотурбинной.

Удельная масса ЭУ ($g_{эу}$) приближенно может быть определена по формуле

$$g_{эу} = a_{эу} (V_s^{эу}) + c_{эу}$$

где V_s — скорость полного хода, уз.

Значения эмпирических коэффициентов $a_{эу}, Y_s, c_{эу}$ и других подобных хранятся в справочно-информационных таблицах подсистемы ЭУ.

Суммарный объем помещений, необходимый для размещения постов управления, вспомогательных механизмов, мастерских, кладовых и т. п., а также требуемая мощность электроэнергетической системы для обеспечения работы ЭУ, стоимость, потребное количество личного состава определяются в функции мощности ЭУ:

$$N_{эу} = (a_n Fr_{\Delta}^{bn} + c_n) V_s D / K_{эк},$$

где a_n, b_n — статистические коэффициенты; $K_{эк}$ — поправочный коэффициент, учитывающий режим (по прототипу) экономического хода (для режима полного хода $K_{эк} = 1$).

Такие основные характеристики подсистемы ЭЭС, как масса ЭЭС, площади и объемы, необходимые для ее размещения, определяются в зависимости от установленной мощности ЭЭС:

$$N_{ээс} = a_{N_{ээс}} D,$$

где $a_{N_{ээс}}$ — измеритель, определяемый по прототипу.

Для подсистемы «Энергетические запасы» определяется суммарный запас топлива, котельной воды и масла:

$$G_{тп} = q_{тп} N_{э} R_{э} / V_{сэ} + q_{ээс} N_{эс} A t_{ээс}$$

где $q_{тп}, q_{ээс}$ — удельные расходы топлива (т/(кВт·ч) и т/(л.с.·ч) соответственно); $t_{ээс}$ — среднее время работы ЭЭС с учетом относительной загрузки, ч/сут; A — автономность, сут (из таблицы информационных зависимостей).

САПР «Судно» состоит из расчетных и графических модулей, которые, как правило, объединяются в соответствующие блоки. Расчетные блоки или модули составляют систему взаимосвязанных расчетных и справочных таблиц в среде EXCEL, содержащих необходимые для корректировки расчетные формулы, коэффициенты, показатели, измерители и другие данные. Расчетные блоки в зависимости от поставленной перед проектантом задачи могут набираться из различных модулей. Основной конфигурацией является базовый расчетный блок (БРБ), предназначенный для оценки характеристик судна в самом первом приближении (рис. 2).

При необходимости выполнения более подробных расчетов первого приближения к БРБ подключаются дополнительные расчетные модули (ДРМ) для определения целевой нагрузки, параметров подсистем «Корпус с оборудованием», «Энергетическая установка», «Электроэнергетическая система», «Энергетические запасы». Модули подсистемы «Целевая нагрузка» представляют собой несколько справочно- и расчетно-информационных таблиц с характеристиками соответствующих комплексов. ДРМ подсистемы «Корпус с оборудованием» также состоят из нескольких таких таблиц, но здесь используются разные уровни детализации с выделением лишь тех элементов, которые требуют более тщательной проработки. Так, в расчетных таблицах подсистемы «Корпус» вычисляются некоторые характеристики (например, масса) основных групп раздела «Корпус», которые, в свою очередь, определяются суммированием характеристик более мелких элементов. ДРМ

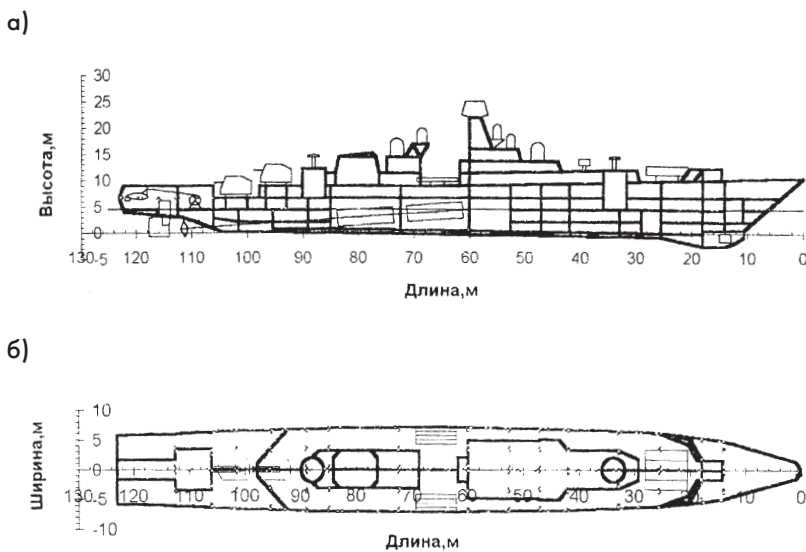


Рис. 3. Схема общего расположения, полученная с помощью САПР «Судно»: а — разрез; б — вид сверху (без рубок)

подсистем ЭУ и ЭЭС организованы аналогичным образом.

В составе САПР «Судно» имеется графический блок, позволяющий создать схему конструкции судна в виде трех основных проекций и сечения корпуса по главным переборкам (разрез, вид сверху и сечения). Построение проекций ведется с помощью имеющейся в EXCEL подпрограммы «Мастер диаграмм» на базе таблиц, составляемых проектантом с использованием данных базового и дополнительного расчетных блоков и программно связанных с графическим блоком. Следовательно, все изменения размеров судна, происходящие при корректировке расчетов в БРБ и ДРМ, немедленно отражаются на размерах и форме конструкции судна, изображенного на проекциях.

Размеры, показанные на схемах, зависят от выходных данных расчетного блока и корректируются проектантом, что позволяет ему использовать графику для разработки схем общего расположения судна (рис. 3). На базе графического блока можно уточнить координаты центра тяжести отдельных элементов судна, а также провести некоторые оценочные расчеты по статике и строительной механике корабля.

В расчеты, выполняемые в объеме БРБ, после построения схем конструкции корпуса можно включить модуль для оценки статических характеристик судна (расчетно-информационная таблица «Статика»).

Контроль осадки выполняется сопоставлением подводного объема V , вычисленного в виде суммы теоретических объемов отсеков по КВЛ, с полным водоизмещением D . Сведение значений V и D к допустимой разности может быть проведено как изменением ранее принятого значения коэффициента общей полноты, так и корректировкой координат точек контуров, образующих форму корпуса судна.

После определения статических моментов объемов отсеков, а также моментов инерции площадей КВЛ по отсекам, их суммы используются для оценок координат центра величины. Рассчитывают продольную и поперечную начальные метацентрические высоты, что позволяет оценить дифферент судна и, в необходимых случаях, откорректировать абсциссы центров тяжести подсистем судна, пользуясь проекциями «Разрез» и «Вид сверху». В процессе расчетов информационной таблицы «Статика» также определяются коэффициенты теоретического чертежа.

На первом этапе адаптации САПР к решаемой задаче заполняется таблица исходных данных, и с ее помощью выбирают из соответствующих справочных таблиц необходимые для расчетов коэффициенты. Затем проводятся вычисления с помощью расчетно-информационных таблиц. Сопоставлением полученных в расчетной таблице «Судно» результатов с данными прототипа

проектант определяет степень их сходимости и при необходимости уточнения проводит корректировку использованных коэффициентов. После окончания адаптации САПР готова к выполнению расчетов по вариантам проекта.

Перечень разработанных с помощью САПР «Судно» проектов приведен в таблице.

Дальнейшее развитие САПР «Судно» возможно путем наращивания дополнительных расчетных и графических блоков с параллельной разработкой соответствующих методик их использования в проектировании судов.

Предварительные расчеты по САПР «Судно» показали: система дает приемлемые по точности результаты и чувствительна к изменению исходных данных; интерпретация результатов проста, так как они получены по собственным вычислительным схемам пользователя; основное время при работе с САПР требуется на подготовку исходных данных (15–30 мин на вариант) и корректировку формул; модульный принцип САПР позволяет легко ее модифицировать; разработка подобной САПР под силу специалистам, которые владеют лишь основами компьютерной грамотности.

Литература

- Ашик В. В. Проектирование судов. Л.: Судостроение, 1985.
 Захаров И. Г., Постонен С. И., Романов В. И. Теория проектирования надводных кораблей. СПб.: ВМА, 1997.
 Колызаев Б. А., Косоруков А. И., Литвиненко В. А. Справочник по проектированию судов с динамическими принципами поддержания. Л.: Судостроение, 1980.
 Томас С. Джилмер. Проектирование современного корабля. Л.: Судостроение, 1974.
 Худяков Л. Ю. Исследовательское проектирование кораблей. Л.: Судостроение, 1980.
 Колесников. Excel 7.0 для Windows 95. Киев: ВНУ, 1996.
 Кузин В. П., Никольский В. И. Военно-Морской Флот СССР 1945–1991. СПб.: Историческое морское общество, 1996.
 Бронников А. В. Особенности проектирования морских транспортных судов. Л.: Судостроение, 1971.
 Вашедченко А. Н. Автоматизированное проектирование судов. Л.: Судостроение, 1985.
 Шауб П. А. Назначение, принципы построения и функционирования САПР. Л.: ВМА, 1981.
 Гайкович А. И. Основы теории проектирования сложных технических систем. СПб.: МОРИНТЕХ, 2001.
 Смирнов С. А. Суда на воздушной подушке скегового типа. Л.: Судостроение, 1983.

К ВОПРОСУ О СПРЯМЛЕНИИ ОПРОКИНУТОГО КОРАБЛЯ

Е. И. Лобаков, Л. В. Козюков, канд. техн. наук (40 ГосНИИ
АСД и ГР МО)

УДК 629.5.015.15:629.5.083.8

В практике аварийно-спасательных и судоподъемных работ нередко возникает необходимость оценки устойчивости опрокинутого корабля, особенно часто при выполнении судоподъемных работ, когда корабль поднимают на поверхность в опрокинутом положении (днищем вверх), а затем ставится задача его спрямления. Аналогичная задача возникает и при переворачивании корабля в прямое положение после опрокидывания в результате аварии, так как связана с необходимостью определения спрямляющего момента. Это позволяет правильно выбрать способ спрямления и необходимые технические средства.

Значение спрямляющего момента при переворачивании опрокинутого корабля в прямое положение может быть определено по его диаграмме статической устойчивости в пределах углов крена от 0 до 180°. Однако диаграммы статической устойчивости в кораблестроительной практике строятся только до углов заката θ_3 .

Первая теоретическая работа, связанная с исследованием устойчивости опрокинутого корабля, была выполнена академиком А. Н. Крыловым по случаю подъема линейного корабля «Императрица Мария», начатого в октябре 1917 г. [1]. Теоретическая часть работы сводилась к оценке значения метацентрического радиуса. Влияние на устойчивость опрокинутого корабля сжатия и расширения воздуха в отсеках при этом не учитывалось. В ноябре 1922 г. при подготовке линкора «Императрица Мария» к выводу из дока в опрокинутом положении вновь встал вопрос о его устойчивости. При этом теоретический интерес и немаловажное практическое значение имела оценка влияния на устойчивость сжатия и расширения воздуха в бортовых отсеках корабля (рис. 1). Исследование данного вопроса было опубликовано в работе [2].

В результате выполненных исследований получена формула попе-

речной метацентрической высоты опрокинутого корабля с учетом сжимаемости воздуха в отсеках:

$$h = \delta k(1 - k)^2 \left(\frac{t}{T + 2t} \right) \cdot \frac{l}{V} - a, \quad (1)$$

где k — отношение ширины отсека к ширине корабля; t — возвышение ватерлинии корабля над уровнем воды в отсеке; T — возвышение надводной части корпуса корабля над ватерлинией; l — момент инерции площади действующей ватерлинии корабля; V — водоизмещение корабля; $a = z_c - z_g$ (z_c — ордината центра величины опрокинутого корабля; z_g — ордината центра тяжести корабля).

Формула (1) была выведена при допущениях о непрерывности продольных переборок корпуса корабля, постоянстве отношения ширины отсека к ширине корабля ($k = \text{const}$) по всей его длине и симметричности расположения отсеков относительно ДП.

Справедливость принятых допущений вполне обоснована особенностью конструкции корпуса линкора «Императрица Мария». Архитектура современных кораблей и судов, как правило, не позволяет сделать подобные допущения.

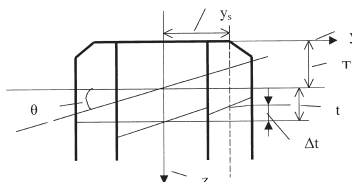


Рис. 1. Схема посадки опрокинутого корабля

Авторы данной статьи предлагают формулу определения поперечной метацентрической высоты опрокинутого корабля для общего случая, при котором бортовые отсеки симметричны относительно ДП, но принцип непрерывности их размещения по длине корабля нарушает-

ся. Кроме того, будем считать, что величина отношения ширины отсека к ширине корабля является дискретной по длине корабля и постоянной в пределах одного отсека.

Поставленная задача может быть решена с точностью, ограниченной достоверностью исходных данных для опрокинутого корабля. Рассмотрим опрокинутый корабль, отклонив его относительно равновесного положения на угол θ (см. рис. 1).

В результате наклонения уровень воды в бортовых отсеках изменится на величину

$$\delta t = \pm y_s \text{tg} \theta + \Delta t, \quad (2)$$

где y_s — абсцисса центра тяжести площади ватерлинии в отсеке; Δt — изменение уровня воды в результате сжатия (расширения) воздуха в отсеке при наклонении опрокинутого корабля.

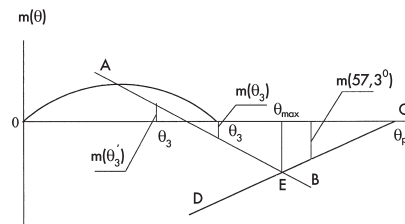


Рис. 2. Диаграмма статической устойчивости опрокинутого корабля в грубом приближении

Используя известные соотношения между объемом и давлением при изотермическом процессе, можем определить значения величин Δt . При малых углах наклона, принимая $\text{tg} \theta \approx \theta$, получим

$$\Delta t = \pm \left(1 - \frac{t}{T + 2t} \right) y_s \theta. \quad (3)$$

Используя формулу (3), можно определить абсциссу центра величины после наклонения опрокинутого корабля на угол θ :

$$y_c = \frac{t}{T + 2t} \cdot \frac{\sum_i s_i y_{si}^2}{V} \theta,$$

где $i = 1, 2, 3, \dots, n$ — количество бортовых отсеков; s_i — площадь ватерлинии затопленного отсека; y_{si} — абсцисса центра тяжести площади ватерлинии затопленного отсека.

При этом метацентрический радиус будет равен $\rho = y_c/\theta$. В этом случае поперечная метацентрическая высота опрокинутого корабля будет определяться выражением

$$h = \frac{t}{T + 2t} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n s_i y_{si}^2}{V} - a. \quad (4)$$

Используя формулу (4), можно оценить значение спрямляющего момента для постановки корабля в прямое положение.

Авторами предлагается приближенный метод определения спрямляющего момента.

Не имея полной диаграммы статической остойчивости опрокинутого корабля, задачу определения потребных тяговых усилий можно решить, исходя из следующих условий. Предположим, что после опрокидывания

все отсеки герметичны и давление воздуха в них одинаково, восстанавливающий момент опрокинутого корабля — функция непрерывная и имеет производные в точках θ_3 и θ_p . Диаграмма статической остойчивости неповрежденного корабля и угол равновесного положения опрокинутого корабля θ_p (рис. 2) известны. После спрямления корабля до угла заката диаграммы статической остойчивости, на значение восстанавливающего момента будет оказываться влияние оставшаяся в корпусе вода. Это влияние можно учесть путем вычисления поправок $\delta m(\theta)$ [3]: $m'(\theta) = m(\theta) - \delta m(\theta)$.

Для грубой оценки максимума диаграммы на участке от θ_3 до θ_p получим два значения восстанавливающего момента диаграммы статической остойчивости спрямляемого корабля при углах θ_3 и θ_3' . Проведем через точки $m'(\theta_3')$ и $m'(\theta_3)$ прямую АВ. От точки θ_p отложим от-

резок, равный $57,3^\circ$, и из его конца восстановим момент $m(57,3^\circ) = Dh$. Через точки $m(57,3^\circ)$ и θ_p проведем прямую CD до пересечения с прямой АВ. Точка пересечения E будет соответствовать максимально возможному значению восстанавливающего момента для корабля, находящегося в опрокинутом положении.

Зная значение восстанавливающего момента, можно перейти к практической задаче спрямления опрокинутого корабля, которая может осуществляться спасателями.

Литература

1. Крылов А. Н. Соображения о подъеме линейного корабля «Мария» // Сб. ст. ЭПРОН. Л.: изд-во Краснознаменной Экспедиции Подводных Работ СССР, 1934.
2. Бехтерев В. В. Подъем большого линейного корабля «Мария» // Сб. ст. ЭПРОН. Л.: изд-во Краснознаменной Экспедиции Подводных работ СССР, 1934.
3. Справочник по теории корабля / Под ред. В. Ф. Дробленкова. М.: Воениздат, 1984.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ШУМА, ИЗЛУЧАЕМОГО КРЫЛЬЕВЫМИ КОНСТРУКЦИЯМИ КОРАБЛЯ

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

УДК 629.5.025.1.01.015.2

Прогнозирование спектральных характеристик шумоизлучения крыльевыми органами управления движением корабля при взаимодействии с неоднородным и нестационарным потоками является одним из доминирующих факторов при их проектировании. Уровень интенсивности акустического поля в значительной степени зависит от искажений пограничного слоя корпуса корабля выступающими элементами и пульсаций скорости потока, особенно при кормовом расположении крыльевых элементов. Это обусловлено тем, что пограничный слой корпуса имеет максимальную толщину, поток является наиболее подторможенным, искаженным, и возможно существенное влияние относительно близко расположенных движителей корабля.

В большинстве случаев рули и стабилизаторы корабля погружены в искаженный поток, что аргументирует вероятность существенного изменения возникающих на них мо-

ментно-силовых нагрузок по сравнению с гидродинамическими характеристиками (ГДХ) изолированных конструкций.

Преобладающей характеристикой набегающего потока при расчете эффективности органов управления движением корабля является его неоднородность, а при определении прочности конструкций и уровня шумоизлучения — нестационарность потока. Это нестационарное взаимодействие крылевого элемента с потоком может быть вызвано вибрацией конструкции, ее обшивки, а также турбулентностью набегающего потока.

Интенсивность дополнительно звукового давления J от взаимодействия крылевого органа управления движением корабля с потоком определяется зависимостью

$$J = 20 \lg \frac{f Y_0 \cos \theta}{4\pi r C_0} - 20 \lg P_0, \quad (1)$$

где P_0 — уровень порога сравнения звукового давления, Па; Y_0 — пульсирующая сила на крыле, Н; f — частота пульсаций, Гц; θ — угол между вектором пульсирующей силы и направлением от источника излучения в заданную точку, рад; r — расстояние от источника излучения, м; C_0 — скорость звука, м/с.

Основным аргументом достоверности расчета интенсивности возмущения потока крылом является точность определения его нестационарных ГДХ.

Расчет амплитуды пульсирующей силы крыла Y_0 производится по формуле

$$Y_0 = \sqrt{2} \sqrt{C_Y^2} \frac{\rho U_0^2}{2} b_{кр} l_{кр}, \quad (2)$$

где $\sqrt{C_Y^2}$ — средние квадратичные пульсаций подъемной силы, Н; ρ — плотность воды, кг/м³; U_0 — средняя скорость потока, м/с; $l_{кр}$, $b_{кр}$ — размах и средняя хорда крыла, м.

Перечисленные этапы методики расчета акустического поля определяют алгоритм расчета спектра шумоизлучения от взаимодействия крылевой конструкции с потоком, представленный на рис. 1.

Для прогнозирования широкополосного спектра шумоизлучения от нестационарного взаимодействия крыльев с потоком в аэродинамиче-

ской лаборатории ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова разработаны расчетная вихревая модель и компьютерная программа [1], достоинством которых является возможность проведения расчетов для крыльев с произвольными геометрическими характеристиками при любых формах и степенях искажения набегающего потока.

Расчетная модель представляется системой уравнений относительно величин циркуляции скорости присоединенных четырехкомпонентных вихрей Γ_{ij} , размещенных в соответствии с панельной схемой конструкции:

$$\begin{cases} F_{11}\bar{\Gamma}_1 + \dots + F_{1N}\bar{\Gamma}_N = -4\pi\bar{V}_1(t) + \sum_{i=1}^N \int_0^{\infty} \frac{d\bar{\Gamma}_i}{dt} F_{ij}^*(t) dt, \\ \dots \\ F_{N1}\bar{\Gamma}_1 + \dots + F_{NN}\bar{\Gamma}_N = -4\pi\bar{V}_N(t) + \sum_{i=1}^N \int_0^{\infty} \frac{d\bar{\Gamma}_i}{dt} F_{ij}^*(t) dt, \end{cases} \quad (3)$$

где F_{ij} — коэффициенты влияния j -го вихря на вызванную им скорость в i -й точке; $\bar{\Gamma}_i(t)$ — безразмерная циркуляция i -го вихря; $\bar{V}_i(t)$ — безразмерная вертикальная скорость i -й точки; t — текущее время, с; F_{ij}^* — коэффициент влияния расположения j -го вихря следа по отношению к i -й точке; N — количество панелей модели.

Правые части системы уравнений (3) представляют характеристики набегающего потока и являются суммой двух слагаемых: первое определяется вертикальной скоростью потока, второе — влиянием вихревой пелены, сходящей с крыла. При помощи системы уравнений (3) рассчитываются нестационарные ГДХ крыльев при вибрации, колебаниях, при произвольных параметрах неоднородности и турбулентности набегающего потока.

Характерными величинами безразмерных параметров уравнений являются средняя хорда крыла b_{cp} и средняя продольная скорость потока U_{∞} . Матрица безразмерных величин циркуляций присоединенных вихрей модели позволяет производить расчет пульсационных и осредненных моментно-силовых нагрузок.

Основными параметрами временных и пространственных соотношений масштабов возмущений нестационарного потока с размерами конструкции являются: число Струха-

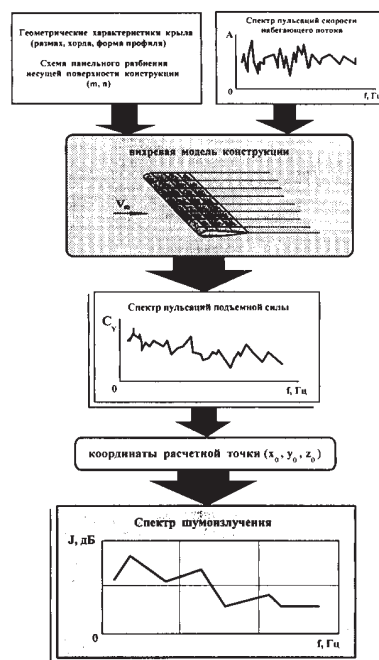


Рис. 1. Алгоритм расчета спектра шумоизлучения крыльевыми конструкциями корабля при нестационарных режимах их взаимодействия с потоком

ля Sh , относительная толщина пограничного слоя u/δ , степень продольной турбулентности потока ϵ_x .

В первом приближении турбулентность набегающего потока представляется суперпозицией отдельных гармоник с различными частотами соответственно по всем трем осям системы координат. Для описания модели трехмерного поля пульсационных скоростей нестационарного потока (u, v, w) разработана система уравнений

$$\begin{cases} u = A \exp \left[k_1 x + k_2 y + \frac{(k_1 + Bk_2)\gamma}{(\alpha + \beta B)} z \right] \sin(\alpha x + \beta y + \gamma z + 2\pi f t); \\ v = AB \exp \left[k_1 x + k_2 y + \frac{(k_1 + Bk_2)\gamma}{(\alpha + \beta B)} z \right] \sin(\alpha x + \beta y + \gamma z + 2\pi f t); \\ w = -A \frac{(\alpha + \beta B)}{\gamma} \exp \left[k_1 x + k_2 y + \frac{(k_1 + Bk_2)\gamma}{(\alpha + \beta B)} z \right] \sin(\alpha x + \beta y + \gamma z + 2\pi f t), \end{cases} \quad (4)$$

где α, β, γ — волновые числа соответственно по осям системы координат Ox, Oy, Oz ; A, B, k_1, k_2 — свободные параметры; f — частота пульсаций, Гц.

Ряд соответствующих преобразований системы уравнений (4) доказывает удовлетворение их условию неразрывности потока.

В процессе испытаний одновременное измерение характеристик пульсаций скоростей потока по всем

координатным осям является достаточно сложным процессом, поэтому в разработанной приближенной полумпирической методике, основанной на результатах многочисленных опытов измерений характеристик пограничного слоя тел вращения, рекомендуется определять средние квадратичные значения пульсаций вертикальных и боковых скоростей через значения пульсаций продольных скоростей:

$$\bar{v}^2 = k_{12} \bar{u}^2 = \left(\frac{1 + 0,3\gamma/\delta}{2 - 0,55\gamma/\delta} \right)^2 \bar{u}^2, \quad (5)$$

$$\bar{w}^2 = k_{13} \bar{u}^2 = \frac{2}{(2 - 0,55\gamma/\delta)^2} \bar{u}^2,$$

где k_{12}, k_{13} — эмпирические коэффициенты соотношения амплитуд пульсаций скоростей по соответствующим осям системы координат (рис. 2).

Соотношения (5) позволяют существенно упростить разработанную методику. Результаты измерений продольных пульсаций скорости и характеристик пограничного слоя позволяют внести в расчетную модель все необходимые данные для получения среднеквадратичных величин пульсаций скоростей по всем трем осям в частотном диапазоне.

Длина волны возмущения потока вдоль оси Ox , по которой направлена средняя скорость потока U в пограничном слое корпуса корабля для произвольной частоты f , определяется из соотношения гипотезы Тейлора о «замороженной» турбулентности [2] и в отличие от однородной турбулентности имеет одинаковые значения только на равных расстояниях от поверхности корпуса, представляя «слоистую» турбулентность:

$$\lambda_i = \frac{U}{f} = \frac{2\pi}{\alpha}. \quad (6)$$

Свободные параметры A, B и волновое число γ для рассматриваемой произвольной частоты спектра определяются величинами продольных средних квадратичных пульсаций скорости потока \bar{u} с учетом полученных соотношений (5):

$$A = \sqrt{2} \sqrt{\bar{u}^2}; B = -\sqrt{k_{12}}; \gamma = \frac{\alpha - \beta \sqrt{k_{12}}}{\sqrt{k_{13}}}. \quad (7)$$

Волновые числа α определяются по формуле $\alpha = 2\pi f_i / u$, волновые числа β — по соотношению длин волн λ_x и λ_y вдоль осей OX , OY , равного пропорции продольного L_f и поперечного L_g масштабов турбулентности в пограничном слое. По многочисленным результатам испытаний их соотношение можно приблизительно принять равным $L_f = 2L_g$ [3], поэтому $\beta = 2\alpha = 4\pi f_i / u$.

Волновое число γ вдоль оси OZ определяется выражением

$$\gamma = 2\pi \frac{f_i}{u} \cdot \frac{(1 - 2\sqrt{k_{12}})}{\sqrt{k_{13}}} \quad (8)$$

В соответствии с приведенными преобразованиями исходная система уравнений (4) представляется в следующем виде:

$$\begin{cases} u = \sqrt{2} \sqrt{u^2} \sin[\text{Sh} \left(\bar{x}_i + \bar{z}_i \frac{(1 - 2\sqrt{k_{12}})}{\sqrt{k_{13}}} \right) + \omega_i t]; \\ v = \sqrt{2} k_{12} \sqrt{u^2} \sin[\text{Sh} \left(\bar{x}_i + \bar{z}_i \frac{(1 - 2\sqrt{k_{12}})}{\sqrt{k_{13}}} \right) + \omega_i t]; \\ u = -\sqrt{2} k_{13} \sqrt{u^2} \sin[\text{Sh} \left(\bar{x}_i + \bar{z}_i \frac{(1 - 2\sqrt{k_{12}})}{\sqrt{k_{13}}} \right) + \omega_i t]; \end{cases} \quad (9)$$

где \bar{x}_i , \bar{z}_i — безразмерные координаты контрольной точки; ω_i — угловая частота пульсаций скорости потока, рад/с.

Полученная модель описания потока является основой исходных данных разработанной программы для расчета широкополосного спектра

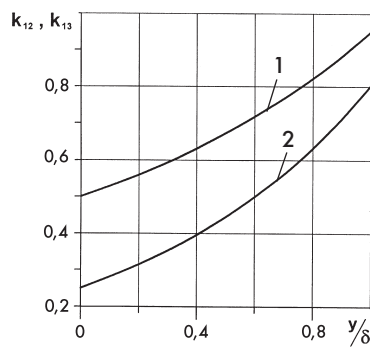


Рис. 2. Зависимости коэффициентов k_{12} (1) и k_{13} (2) от относительной толщины пограничного слоя y/δ

интенсивности шумоизлучения крыльевых органов управления движением корабля на ПЭВМ. Алгоритм программы является универсальным и предусматривает возможность проведения расчетов как при установившихся, так и не установившихся режимах нестационарного взаимодействия крыльевой конструкции с потоком.

Созданная компьютерная программа впервые позволяет при расчетах спектральных характеристик шумоизлучения крыла достоверно учитывать такие важные аспекты, как влияние его формы в плане, удлинения, влияние вихревой пелены, особенности подторможенности, искажений и нестационарность набегающего потока, которые особенно характерны для пограничного слоя корпуса корабля [4]. Разработанная методика позволяет достоверно прогнозировать характеристики акустического поля вблизи крыльевых органов управления движением корабля для обеспечения оптимального выбора их геометрии и рационального

расположения по отношению к возмущенному потоку вблизи корпуса.

Заключение. Для прогнозирования спектра широкополосного шумоизлучения крыльевыми органами управления движением корабля разработана компьютерная технология, позволяющая определять интенсивность акустического поля с учетом геометрии крыльевой конструкции, характеристик пульсаций и искажения поля скоростей набегающего потока. Применение созданной методики и расчетной программы обеспечивает возможность комплексно решать вопросы оптимального проектирования корабельных рулей, стабилизаторов и других крыльевых конструкций за счет оптимального выбора их геометрической формы, размеров и расположения [5].

Литература

1. Старцев С. Б. Программа расчета гидродинамических нагрузок на рулях и стабилизаторах в пограничном слое корпуса корабля // Вестник технологии судостроения. 2000. № 7.
2. Huang T. T., Santelli N., Belt G. Stern boundary-flow on axisymmetric bodies // XII Symposium Naval Hydrodynamics. Washington, 1979.
3. Старцев С. Б. Программное обеспечение прогнозирования гидродинамических характеристик крыльевых органов управления движением корабля // Научн.-теорет. конф. «Проблемы обеспечения эффективной эксплуатации корабельной техники». СПб.: ВМИИ, 2000.
4. Старцев С. Б. Перспективы комплексного решения проблем нестационарной гидроаэродинамики судовых крыльевых конструкций на основе компьютерного прогнозирования // Судостроение. 2000. № 4.
5. Старцев С. Б. Создание компьютерных технологий расчета аэродинамики судовых крыльевых конструкций // Судостроение. 2001. № 4.

«БРЯНСК» — СУДНО-СБОРЩИК ЛЬЯЛЬНЫХ И СТОЧНЫХ ВОД

С. С. Никитенков, В. В. Климов (ФГУП ЦНИИТС)

УДК 629.5.025.1.01.015.2

На Выборгском судостроительном заводе 20 сентября 2002 г. спущено на воду новое судно «Брянск» — сборщик льяльных и сточных вод, шлама и мусора, заложенное 20 марта и предназначенное для обслуживания нефтяного терминала в нефтеперегрузочном порту г. Приморска

Ленинградской области. Предполагается, что до конца 2002 г. «Брянск» будет сдан заказчику — ООО «Торговый дом «Транснефть».

Технический проект судна «Брянск» (пр. 21460) разработан в КБ «Восток» — подразделении ФГУП ЦНИИТС. Главный конструктор проекта — С. С. Никитенков.

Рабочие чертежи разработаны техническим центром Выборгского завода при поддержке специалистов КБ «Восток».

Судно «Брянск» предназначено для сбора, транспортировки и выдачи на береговую перерабатывающую станцию нефтесодержащих вод, шлама, сточных вод и мусора и соответствует требованиям Международной конвенции по предотвращению загрязнения с судов (МАРПОЛ 73/78), Правил по предотвращению загрязнения с судов Российского Морского Регистра Судостроения (РМРС) изд. 2001 г. и других инструкций, правил и кон-



«Брянск» после вывода из заводского эллинга перед спуском на воду

венций по защите морской среды. Специалисты КБ «Восток» отлично справились с новым для них типом судна, имея в виду, что такие вспомогательные суда, как «Брянск» могут быть использованы не только в портах с нефтяными терминалами, но и в рыбных, как отечественных, так и зарубежных.

Судно спроектировано и построено по правилам РМРС на класс КМ ★ ЛУ1 III АЗ «нефтесборное (>60 °С)». Корпус и винторулевая

группа имеют ледовую категорию ЛУ2. Эксплуатация судна предполагается в Балтийском море в портах и на рейдах.

Основные характеристики судна «Брянск»

Главные размерения, м:

длина наибольшая	41,2
ширина наибольшая:	
без учета привального бруса	8,2
с учетом привального бруса	8,35
высота борта до верхней палубы на миделе	4,45
Осадка по грузовой марку, м	3,2
Дедвейт при осадке 3,2 м, т	≈ 525
Скорость хода при осадке 3,2 м, уз	≤ 9,0
Вместимость танков, м ³ :	

сточных вод	164
нефтесодержащих вод	169
шлама	140

Автономность плавания, сут:

по запасам топлива, масла и провизии	10
по запасам пресной воды	8
Численность экипажа, чел	6

Конструкция корпуса. Судно однопалубное, с баком, одновинтовое, с грузовыми танками, не соприкасающимися с наружной обшивкой, с избыточным надводным бортом, с дизель-редукторной энергетической установкой, с кормовым размещением машинного

отделения и палубной надстройки. Судно может оставаться на плаву при затоплении одного любого отсека. Для снижения амплитуды бортовой качки на нем установлены скуловые кили.

Конструкция, материалы и прочность металлического корпуса удовлетворяют требованиям Правил РМРС для судов ледовой категории ЛУ2 при осадке 3,2 м. Основной корпус, надстройка и рубка — полностью сварной конструкции. Конструкции внутри цистерн и грузовых танков, а также части конструкций, подверженных воздействию моря или атмосферных осадков, изготовлены только с применением сплошных двухсторонних сварных швов.

Верхняя палуба, второе дно и днище в средней части судна изготовлены по продольной системе набора, а остальные конструкции — по поперечной. Конструкции грузовых танков выполнены в составе основного корпуса. Общее количество грузовых танков — шесть.

Судовые устройства. На судне установлен балансирный руль с опорой на пятку ахтерштевня. Для его перекладки в румпельном помещении расположена рулевая машина с двумя электронасосными агрегатами (один запасной). Управление



Кормовая оконечность «Брянска»



Директор КБ «Восток», главный конструктор судна «Брянск» С. С. Никитенков (справа) и главный специалист КБ — Н. А. Перов

рулевой машиной — электрическое из рулевой рубки. Из румпельного помещения возможно ручное управление рулевой машиной.

В носовой части судна имеется подруливающее устройство с гребным винтом фиксированного шага, изготовленным из нержавеющей стали. Управление подруливающим устройством возможно как из рулевой рубки, так и с местного поста управления.

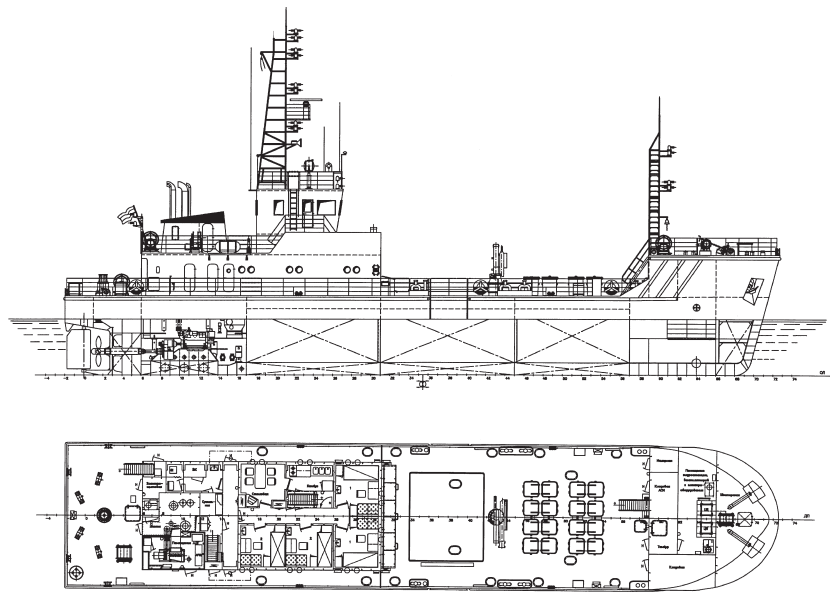
Судно снабжено двумя якорями Холла массой по 500 кг; для работы с ними на палубе установлен брашпиль. Для поддержания шлангов, перегрузки мусора и других вспомогательных операций служит поворотный складывающийся гидравлический палубный кран с грузовой лебедкой.

В качестве коллективных спасательных средств на «Брянске» предусмотрены два сбрасываемых надувных спасательных плота вместимостью по шесть человек каждый.

Специальные системы. Грузовые системы спроектированы для приема нефтесодержащих и сточных вод, нефтесодержащих осадков несудовыми средствами и выдачу их судовыми насосами. Одновременно возможны прием и выдачи трех видов груза. Для выдачи каждого из них предусмотрено по два насоса (один резервный). Подача насосов для выдачи нефтесодержащих и сточных вод $40 \text{ м}^3/\text{ч}$, для выдачи шлама — $38 \text{ м}^3/\text{ч}$.

В грузовых цистернах имеются системы подогрева, рассчитанные на поддержание температуры до 30°C и подогрев до 60°C перед выдачей груза. В зимнее время предусмотрено поддержание в цистернах нефтесодержащих и сточных вод температуры около 2°C .

Энергетическая установка. В качестве главного двигателя, работающего через редукторную передачу на гребной винт регулируемого шага, на судне служит нерверсивный высокооборотный V-образный дизель марки TBD616V12 компании Deutz номинальной (максимальная длительная) мощностью 610 кВт при час-



Продольный разрез и план палубы судна «Брянск»

тоте вращения 1800 об/мин . Количество цилиндров дизеля — 12, диаметр цилиндров — 132 мм , ход поршня — 160 мм . Предусмотрено дистанционное автоматизированное управление главным двигателем из рулевой рубки и ручное управление из машинного отделения.

Электроэнергетическая установка. Снабжение электроэнергией на судне осуществляется от двух автоматизированных дизель-генераторов переменного тока напряжением 400 В , мощностью около 80 кВт каждый, а также аварийного дизель-генератора мощностью около 30 кВт .

Вспомогательная котельная установка. Для подогрева груза, отопления помещений и других нужд на судне предусмотрен автоматизированный водогрейный котел производительностью 350 Мкал/ч .

Валопривод и движитель. На «Брянске» установлена одновальная пропульсивная установка с гребным винтом регулируемого шага диаметром $1,9 \text{ м}$ с приводом через редукторную передачу от главного двигателя.

В составе валопровода предусмотрены гребной вал из углеродистой стали, дейдвудное устройство на масляной смазке и дейдвудное уплотнение радиального типа.

Электрооборудование. Для электрооборудования, установленного на судне «Брянск», используется ток со следующими параметрами: силовая сеть — трехфазный переменный ток частотой 50 Гц , напряжением 380 В ;

сеть основного и аварийного освещения — трехфазный и однофазный ток частотой 50 Гц , напряжением 220 В ;

переносное освещение — однофазный переменный ток частотой 50 Гц , напряжением 12 В .

Средства связи, электронавигации и сигнализации. Состав средств радиосвязи соответствует требованиям Глобальной морской системы связи и безопасности мореплавания (ГМССБ) и Правил РМРС (часть IV «Радиооборудование», изд. 1999 г.), средств навигационного оборудования — требованиям Правил РМРС (часть V «Навигационное оборудование», изд. 1999 г.).

Автоматизация. Объем автоматизации на судне «Брянск» соответствует требованиям Правил РМРС на знак автоматизации АЗ в символе класса судна с обслуживанием энергетической установки и судовых систем без постоянной вахты в машинном отделении на ходу и на стоянке судна (с грузовыми и без грузовых операций). □

СНИЖЕНИЕ УРОВНЯ ШУМОИЗЛУЧЕНИЯ ВОДОМЕТНЫХ ДВИЖИТЕЛЕЙ

А. М. Степанов, докт. техн. наук (ВМИИ), А. Л. Федоров,
канд. техн. наук (СПбВМИ)

УДК 629.5.036:534.83

Известно, что одним из основных источников создания внешнего акустического поля (ВАП) судов любого типа является движитель. Для корабля уровень ВАП определяет его следность [1, 2], а для рыбопромыслового флота — объем улова [3].

Вибрация и шум, создаваемые различными судовыми механизмами, в значительной степени могут быть локализованы при помощи различных виброгасящих систем. Уровень шумоизлучения движителя (винтового или водометного) локализовать не удастся, его можно лишь снизить путем применения конструктивных решений.

В спектре шума, излучаемого движителем, имеются дискретные и широкополосные составляющие. Природой их образования могут быть механические факторы, обусловленные биением гребного вала, плохой вывеской, повреждением и неточностью изготовления лопастей и другими причинами, а также гидродинамические факторы, связанные с взаимодействием потока воды с элементами конструкции движителя. Именно рассмотрению последних и посвящена данная работа.

К гидродинамическим источникам шума движителя можно отнести, например, образование на лопастях (или лопатках) интенсивных гидродинамических усилий, которые передаются на обшивку корпуса судна и возбуждают его вибрацию. Эти усилия являются результатом взаимодействия лопастей с неоднородным набегающим потоком и имеют дискретный спектр. В случае кавитации возникают широкополосные возмущения на средних и высоких звуковых частотах. Возможен также широкополосный шум на низких и средних частотах, обусловленный турбулентными пульсациями скорости в набегающем потоке.

Интенсивность шумоизлучения в значительной степени зависит от неравномерности поля скоростей на входе в рабочее колесо осевого насоса движителя, а также от числа и формы лопаток рабочего колеса и спрямляющего аппарата.

У водометных движителей, в отличие от винтовых, движитель насосного типа расположен внутри корпуса, а вода подается к насосу через водовод и выбрасывается через реактивное сопло. Это дает возможность применять конструктивные меры по управлению потоком жидкости в водоводе (например, изменять геометрию водовода и его входа) с целью снижения интенсивности ВАП. Входы в водовод могут быть двух типов: сосредоточенный, в виде овального отверстия, и распре-

деленный, в форме кольцевой щели (если корпус представляет собой тело вращения) или линейной щели в днище судна, нормальной к оси последнего. При этом корпус водовода может работать как экран по отношению к излучаемому шуму, а также способствовать возникновению эффекта «рупора», усиливающего звуковое излучение.

Для изучения влияния этих двух эффектов на ВАП были изготовлены крупномасштабные макеты в виде тел вращения с водометным и винтовым вариантами движителей с одинаковыми по мощности и частотам вращения характеристиками (рис. 1). В случае водомета использовался распределенный отбор воды через кольцевое отверстие-щель, сформированное при помощи специальной насадки, позволяющей изменять как геометрию водовода, так и сам вход в водовод. В качестве исполнительного органа такого движителя применялся осевой насос.

В варианте 1 использовалась кольцевая короткая насадка с длиной водовода L_1 от входа в нее до рабочего колеса, равной высоте лопасти. Варианты 2—5 отличались от первого и друг от друга длиной водовода ($L_2 = L_5 = 6h$; $L_3 = 8,5h$; $L_4 = 15h$). Пятый вариант отличался от второго тем, что в канале была установлена кольцевая заглушка.

Площади входных кольцевых отверстий у вариантов 2—5 были одинаковы. Вариант 6 имел винтовой движитель.

Число лопастей рабочего колеса насоса у водометных движителей было 5, а у винтового — 6, частота вращения вала для всех вариантов равнялась 63—64 об/с.

Сравнение спектров ВАП движителей всех шести вариантов, измеренных в полосе $1/3$ октавы и приведенных к расстоянию 50 м (рис. 2), показывает, что в ВАП, излучаемом винтовым движителем (вариант 6) в диапазоне частот менее 1—2 кГц, доминирующими являются дискретные составляющие на лопастной частоте вращения винта (первая гармоника $f = 380$ Гц). У водомета (вариант 4) с удлиненным водоводом ($L_4 = 15h$) спектр ВАП имеет широкополосный характер без дискретных составляющих на лопастной частоте ($f = 315$ Гц) и более высоких гармониках. На частотах свыше 3 кГц преобладает кавитационный шум.

Анализ спектров ВАП позволяет сделать вывод, что водометный движитель на лопастной частоте имеет существенно более низкий уровень шумоизлучения (до 20 дБ) по сравнению с винтовым вариантом.

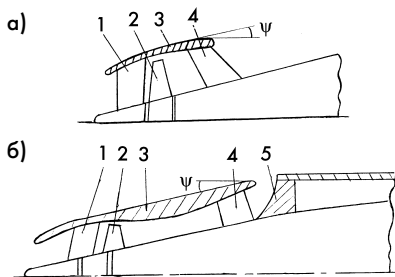


Рис. 1. Схемы водометных систем: а — с кольцевой короткой насадкой (вариант 1); б — с длинной насадкой (варианты 1—5); 1 — спрямляющий аппарат; 2 — рабочее колесо насоса; 3 — кольцевая насадка; 4 — пилон; 5 — кольцевая заглушка; ψ — угол конусности насадки

Уменьшение длины водоводов (см. рис. 2, а) от $L_3 = 8,5h$ до $L_{2,5} = 6h$ приводит к возрастанию шумоизлучения на лопастной частоте. Уровень кавитационного шума у двигателей этих вариантов практически одинаков и не зависит от геометрии водовода. При этом самый короткий водовод (см. рис. 1, а) по интенсивности шума на лопастной части практически не отличается от винтового варианта (см. рис. 2, а), а по уровню кавитационного шума даже хуже последнего примерно на 15 дБ.

Установка кольцевой заглушки на входе в водовод привела к тому, что уровень шумоизлучения на лопастной частоте увеличился на 7 дБ. Объяснить это можно тем, что на входе в водовод возникает вихревая структура, которая в варианте 5 с заглушкой приводит к уменьшению площади живого сечения потока на входе в водовод (увеличение гидравлических потерь на входе), что, по-видимому, способствует увеличению неравномерности в эпюре скоростей в сечении перед рабочим колесом насоса и росту уровня шумоизлучения. В варианте 2 образовавшаяся вихревая структура формирует более плавный вход потока в водовод и, в конечном итоге, приводит к снижению уровня шумоизлучения по сравнению с вариантом 5.

Эксперименты показали, что одной из главных причин, вызывающих шумообразование двигателей на лопастной частоте, является неравномерность эпюры скоростей в потоке по высоте лопатки рабочего колеса или лопасти винта. «Выровнять» эпюру скоростей за счет действия сил вязкости можно двумя путями: используя длинный водовод либо изменив форму входа в водовод. Иначе говоря, для снижения уровня шу-

моизлучения водомета необходимо искать оптимальное решение конструкции входного участка водовода, не забывая при этом о пропульсивных показателях системы в целом.

С целью более детального изучения влияния неравномерности эпюры скоростей на ВАП в гидродинамическом бассейне был испытан макет тела вращения диаметром 400 мм, у которого в качестве движителя использовался водомет (см. рис. 1, б). Основные размеры водовода оставались неизменными ($L = 10h$), менялись лишь конфигурации входа в водовод (рис. 3). Степень

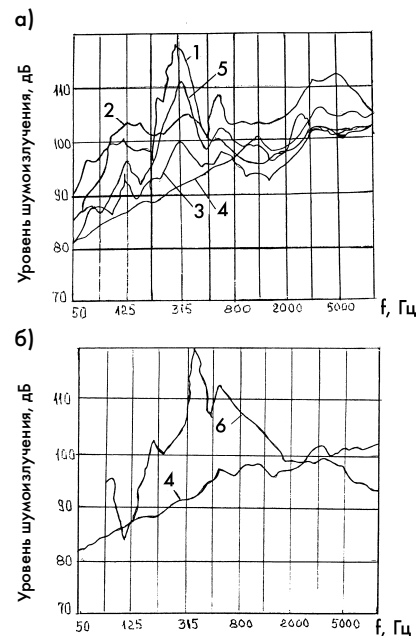


Рис. 2. Спектры ВАП двигателей различных типов: а — водометные двигатели; б — водометный (4) и винтовой (6) двигатели; 1—6 — номера вариантов

поджатия потока в водоводе $v_2/v_h = 2$, где v_2 и v_h — осредненные скорости потока в сечении II—II перед рабочим колесом насоса и на входе водовод. Результаты измерений эпюры скоростей по высоте водовода (сечение II—II) показывают (рис. 4), что каналы № 2 и № 3 имеют наименьшие коэффициенты неравномерности потока по кинетической энергии $\alpha = 1,02$. Следует отметить, что использование варианта входа в водовод с каналом № 3 позволяет снизить гидравлические потери с $\xi = 0,8$ до $\xi_b = 0,4...0,5$, и его можно считать наиболее приемлемым по энергетическим показателям.

Не менее важное значение имеет изучение влияния геометрии вхо-

да в водовод на шумоизлучение при наличии источника определенной интенсивности и частоты. В литературе по этому вопросу имеются весьма ограниченные сведения [4], в основном касающиеся глушителей для дизелей. Поскольку проведение таких исследований в натуральных условиях или бассейне технически затруднительно из-за присутствия различного рода акустических помех и сложности измерений, опыты проводились в воздушной среде на специально созданном акустическом стенде (рис. 5) с возможностью получения лишь качественных результатов. Поскольку для практических целей наибольший интерес представляют низкочастотные звуковые волны, взаимодействие акустического поля с экранами (водоводами) изучалось на частотах ниже 1 кГц.

Соотношение геометрических размеров макета изучаемого канала соответствовало размерам моделей, рассмотренных ранее (см. рис. 1, б); шумоизлучение движителя имитировалось динамиком марки 15ГД-13 с нижним пределом по частоте 40 Гц. Излучаемая мощность звука во всех вариантах была одинаковой, а микрофон располагался на расстоянии 100 мм от входа в водовод. Влияние отраженной волны от поверхностей экспериментального помещения на измеряемые параметры оценивалось по данным

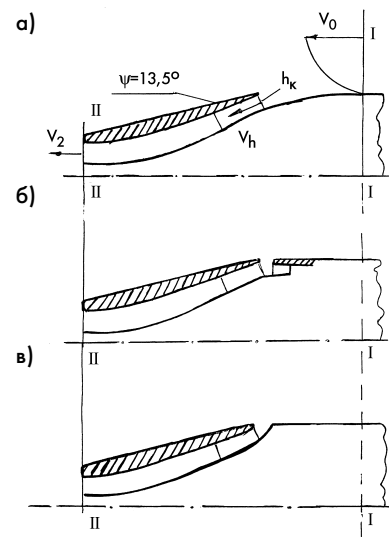


Рис. 3. Водовод водометного движителя с различными профилями входа: а — полнонапорный вход (канал № 1); б — вход с вихревой камерой (канал № 2); в — вход с резким поворотом и скругленной входной кромкой (канал № 3); v_0 — скорость движения; h_k — высота водовода на входе

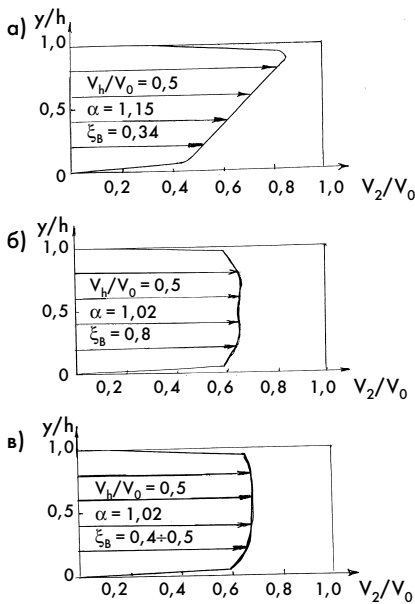


Рис. 4. Эпюры скоростей на входе в рабочее колесо насоса:
 у — координата, отсчитываемая от ступицы рабочего колеса; а, б, в — каналы № 1—3 соответственно

работы [5], при этом уровень отраженного сигнала не превышал 3% уровня полезного сигнала.

Результаты измерений частотных характеристик звукового излучения для выбранных вариантов каналов (№ 1—4) показывают (рис. 6), что в каналах № 2—4 при наличии корпуса 1, формирующего водовод 2, возникает эффект «рупора» во всем диапазоне измеренных частот от 40 до 1000 Гц, кроме частоты $f = 200$ Гц. Видно также, что ВАП на измеренных частотах для различных каналов практически одинаково. Независимость интенсивности звукового излучения на низких частотах от формы водовода можно объяснить дифракцией, при которой каждая частица звукового поля является как

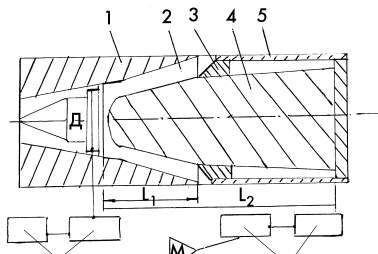


Рис. 5. Схема экспериментальной акустической установки:
 1 — монтажный корпус; 2 — водовод; 3 — кольцевая заглушка; 4 — тело вращения; 5 — цилиндрический корпус; 6 — элементы акустической аппаратуры; Д — динамик; М — микрофон; $l_2 = 3l_1$

бы элементарным источником сферической волны, причем интенсивность последней не зависит от формы отверстия. При этом длина волны существенно больше размеров входного отверстия водовода.

Полученные результаты на макетах в воздушной среде носят качественный характер, позволяющий судить лишь о возможных направлениях в разработке конструктивных мероприятий, направленных на кардинальное уменьшение шумоизлучения двигателей судов. Причем, если в целом удастся значительно

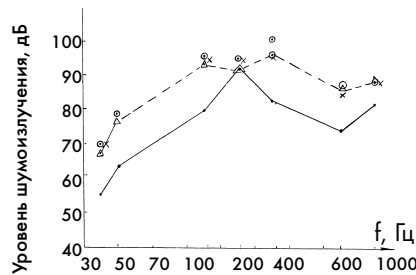


Рис. 6. Частотные характеристики звукового излучения различных вариантов каналов:
 • — канал № 1 (динамик открыт);
 ○ — канал № 2 (цилиндрический корпус снят); × — канал № 3 (с цилиндрическим корпусом); Δ — канал № 4 (с заглушкой)

снизить ВАП водометного движителя по сравнению с винтовым, то можно не беспокоиться о «рупорном» эффекте. Это подтверждается оциллограммами интегрального уровня ВАП, приведенными на рис. 7, которые были сняты при проведении морских испытаний макетов с винтовым и водометным движителями. При этом их энергетические и частотные характеристики были одинаковыми. Как следует из данных оциллограмм, зарегистрированных гидрофоном, установленным на одинаковом по траверсу расстоянии от объектов (100 м), уровень ВАП по интегральной величине у винтового движителя на 6—7 дБ выше уровня шума моря. У водометного варианта, несмотря на возможное наличие «рупорного эффекта», этот уровень не превысил уровня шума моря.

Важным вопросом до настоящего времени остается влияние частоты вращения двигателей насосного типа на гидроакустические характеристики. По этому вопросу большинство данных посвящено лишь структурным эмпирическим зависимостям [1] и оценке вибраций [6]

центробежных насосов. Природа возникновения шумоизлучения и вибраций в осевых насосах близка к центробежным, поэтому и тенденции шумоизлучения с изменением частоты вращения такого типа насосов также аналогичны. Анализ зависимостей [1, 6] позволяет определить, что с ростом частоты вращения наблюдается слабое изменение уровня звукового давления и вибраций в сторону их уменьшения. Однако эти данные требуют дальнейшего изучения и проверки.

Заключение. Уровень шумоизлучения водометных движителей с распределенным отбором воды из пограничного слоя может быть снижен за счет управления эюрой скоростей потока путем выбора оптимальной геометрии водовода. Снижение уровня шума движителя, а вместе с ним и вибраций корпусных конструкций, позволит улучшить условия обитаемости экипажа судна, а для рыбопромыслового флота — повысить показатели улова. Рассмотренный водометный движитель с распределенным отбором жидкости по акустическим и энергетическим параметрам [7] и по своей конструк-

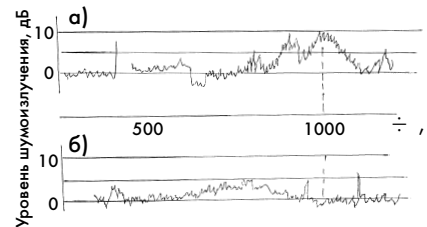


Рис. 7. Оциллограммы интегрального уровня ВАП движителей при скорости хода $v_0 = 4,2$ уз:
 а — гребной винт; б — водомет

ции представляется перспективным также для кораблей погранохраны и для судов ледового класса ввиду того, что рабочее колесо защищено от внешних воздействия (лед, сети и т. д.).

Литература

1. Справочник по технической акустике. Л.: Судостроение, 1980.
2. Никифоров А. С. Акустическое проектирование судовых конструкций. Справочник. Л.: Судостроение, 1990.
3. Propeller noise from modern fishing vessels//Fish. news inf. 1988. No 1.
4. Кане А. Б. Борьба с шумом всасывания дизелей. М.: Машиностроение, 1969.
5. Ключин И. И., Колесников А. Г. Акустические измерения в судостроении. Л.: Судостроение, 1982.
6. Покровский Б. В., Рубинов В. Я. К расчету уровней вибраций насосов//Труды ВНИИ Гидрошаш, 1971.
7. Степанов А. М., Федоров А. Л. Энергетические перспективы водометных движителей//Судостроение. 1999. № 6.

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СУДОВЫХ ПАРОВЫХ КОТЛОВ ПУТЕМ УМЕНЬШЕНИЯ ЭМИССИИ ОКСИДОВ АЗОТА

С. П. Колпаков, канд. техн. наук (ВМИИ)

УДК 681.322:629.5.001.63

Оксиды азота (NO_x) относятся к наиболее токсичным неорганическим веществам в природе. Они в 35 раз опаснее для человека, чем известный монооксид углерода CO .

Оксиды азота неизбежно образуются при сжигании топлива, и чем качественнее организован этот процесс, тем интенсивнее образуются NO_x . Оксиды азота отличаются продолжительностью действия, включаясь в сложные фотохимические реакции с образованием комплексных соединений нарастающей токсичности [1].

Традиционно дымление при работе судовых главных и вспомогательных котлов считается следствием их неисправностей и вызывает негативную реакцию как у специалистов, так и дилетантов. Изменение стереотипа мышления представляется возможным путем научного обоснования и сравнения экологической опасности работы котлов с различными коэффициентами избытка воздуха.

Основной показатель неполного горения топлива — содержание в уходящих газах монооксида углерода CO , а не окраска дыма, при этом содержании метана и водорода в расчетах пренебрегают. Наличие в уходящих газах CO свидетельствует о наличии так называемого химического недожога, который возникает от несовершенства организа-

ции процессов смесеобразования и горения в топке, когда появляются местные недостатки воздуха.

При проектировании судовых котлов обычно задают коэффициент избытка воздуха (α) на основании опытных данных с учетом конструктивных особенностей котла, аэродинамики его топки, рода топлива, режимного спектра и др. [2]. В последующих теплотехнических испытаниях коэффициент α определяется по результатам газового анализа и характеризует условия сгорания топлива, при этом оценивается и степень завершенности процесса сгорания по потерям от химического недожога. Соответствующая настройка системы регулирования горения котла обеспечивает бездымное горение во всем диапазоне нагрузок.

Обследование действующих судовых и корабельных паровых котлов показывает, что при бездымном горении и незначительном (0,02—0,04%) выделении CO содержание оксидов азота превышено в 3—5 раз! При этом потери от химического недожога составляют 0,15—0,20%.

Предлагаемая методика снижения вредных выбросов (в первую очередь NO_x как наиболее токсичного вещества) основана на установлении для новых и находящихся в эксплуатации судовых котлов минималь-

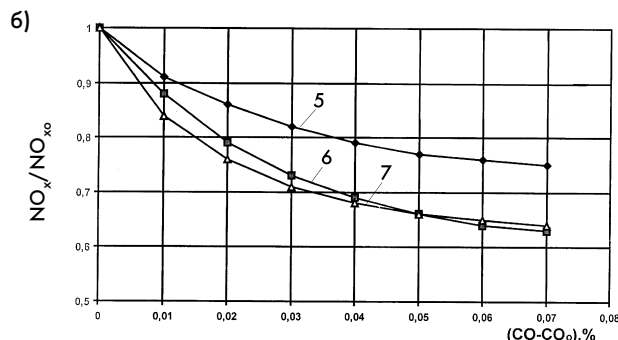
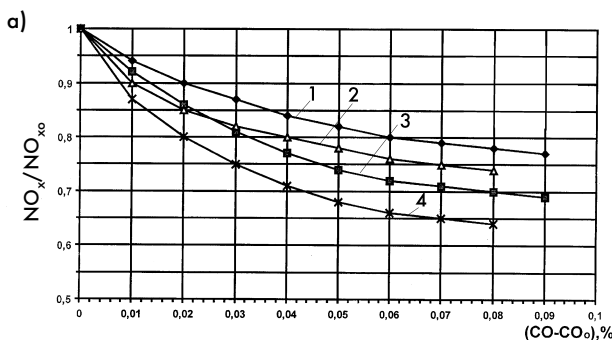
но допустимых избытков воздуха для характерных режимов работы.

Решение поставленной задачи основано на корректировке режимов работы котла благодаря однозначной взаимосвязи содержания NO_x и CO в продуктах сгорания [3].

Методика включает этап проверки технического состояния котла в соответствии с инструкцией по эксплуатации и техническому обслуживанию. Затем устанавливаются устройства для введения зонда газоанализатора. Для экспериментальных исследований рекомендуется использовать немецкий газоанализатор testo-33, который позволяет в реальном времени измерять содержание в уходящих газах NO_x , CO , CO_2 , SO_2 , O_2 и α .

На следующем этапе котельная установка вводится в действие и проводятся контрольные анализы уходящих газов на характерных нагрузках. Возможность измерения коэффициента избытка воздуха современными газоанализаторами уже на данном этапе позволяет априорно оценить допустимое увеличение химического недожога. Проведенные измерения показывают, что как для высоконапорных, так и котлов с вентиляторным дутьем главным ограничением при определении наиболее экологичного режима работы является коэффициент избытка воздуха, при котором горение вполне устойчиво.

Собственно этап определения параметров наиболее экологичных режимов работы котла проводится при переводе системы на дистанционное управление. Ведется ступенчатое уменьшение расхода воздуха на горение до 1,15 (для высоконапорных) и 1,2 (для котлов с вентиля-



Зависимости взаимного влияния относительной эмиссии оксидов азота $\text{NO}_x/\text{NO}_{x0}$ и увеличения выхода монооксида углерода ($\text{CO}-\text{CO}_0$) при организации дозированного химического недожога для судовых высоконапорных котлов (а) и вспомогательных паровых котлов (б). Значения NO_{x0} и CO_0 соответствуют условиям обычной эксплуатации. Для КВВА 7,5/28 зависимость построена на основании измерений, выполненных в лаборатории паровых котлов ВМИИ:

1 — КВН 98/64; 2 — КВГ-3 № 2; 3 — КВГ-3 № 1; 4 — КВГ-4; 5 — КВВА 7,5/28; 6 — КВВА 12/28 № 1; 7 — КВВА 12/28 № 2

торным дутьем). Периодичность анализа состава уходящих газов устанавливается 1—2 мин. Признаками окончания режима являются характерные нарушения нормального горения: прерывистое горение, интенсивное дымление и др.

Расчетные и экспериментально полученные зависимости, отражающие взаимосвязь между специально формируемым химическим недожогом топлива и эмиссией оксидов азота с уходящими газами, показаны на рисунке. Использование предлагаемой методики позволяет получить существенное снижение выбросов NO_x (до 30—40%) от начальных значений при увеличении выбросов СО до 0,08—0,1%.

Для судовых и вспомогательных корабельных котлов применение методики наиболее актуально, что обусловлено постоянством нагрузок и их диапазоном (70—95% номинальной). В данных условиях устойчивое горение мазута может быть

обеспечено при $\alpha = 1,2 \dots 1,25$, дымление при этом несущественно, потери от химического недожога не превышают 0,4—0,5%, содержание СО составляет около 0,1%. Для высоконапорных котлов методика применима для режимов постоянных нагрузок (стоянка под главным котлом, дежурство в базе и другие, что составляет до 50% времени их работы) при нагрузках по топливу от 20% и более. В данных условиях устойчивое горение может быть обеспечено при $\alpha = 1,15 \dots 1,25$, потери от химического недожога не превышает 0,2—0,5% при содержании СО 0,04—0,1%.

Методика проста и не требует больших затрат, а при введении для судовых и корабельных объектов платы за выбросы загрязняющих веществ с уходящими газами становится экономически эффективной. При расчетах по действующим методикам для стационарных котлов стоимость валового выброса уменьша-

ется на 20—25%. Внедрение методики связано с обеспечением кораблей и других объектов ВМФ, эксплуатирующих котлы, необходимой измерительной аппаратурой.

Оснащение котлов современными газоанализаторами и методическое обеспечение минимизации выбросов оксидов азота на основе регулируемого химического недожога позволит существенно улучшить экологическую обстановку в пунктах постоянного базирования кораблей и судов.

Литература

1. Шкаровский А. Л. Основы практической экологии. Очистка, обезвреживание и утилизация выбросов. СПб.: Северо-Запад, 1995.
2. Тепловой расчет котельных агрегатов (Нормативный метод)/Под ред. Н. В. Кузнецова, В. В. Митора, И. Е. Дубовского, Э. С. Карасиной. М.: Энергия, 1973.
3. Исследование способа нестехиометрического сжигания природного газа и мазута/И.А.Закиров, П. В. Росляков, Л. Е. Егорова, И. Л. Ионкин//Теплоэнергетика. 1997. № 9.

ПЕРЕВОДЧЕСКАЯ ГАВАНЬ

Сегодня в России наблюдается подъём в судостроении, на верфи начинают поступать заказы, строятся корабли, приезжают судоторговцы и заказчики из многих стран. Россия заявляет о себе как конкурент для многих зарубежных стран и компаний. Как же нашим судостроителям удастся успешно конкурировать, выигрывать тендеры? Кто содействует им?

На волне

С 1996 года переводческая «Компания ЭГО Транслейтинг» реализует программу, направленную на сотрудничество с отечественными промышленными предприятиями, работающими в области машиностроения. Для многих из них «Компания ЭГО Транслейтинг» — партнер, обеспечивающий профессиональные письменные и устные переводы, важную составляющую внешнеэкономической деятельности.

Сопутствуя успеху

«Компания ЭГО Транслейтинг» берет на себя обеспечение взаимопонимания с иностранными партнерами на встречах, переговорах и осуществляет перевод экспортно-импортных документов на любом языке мира.

Многолетний положительный опыт по переводу документации для

предприятий задействованных в различных отраслях промышленности, гарантирует использование надлежащей профильной терминологии, что позволяет быстро и качественно выполнять письменные переводы узкоспециализированных текстов по различным тематикам.

На карте

На сегодняшний день «Компания ЭГО Транслейтинг» — единственная переводческая компания Северо-Запада России, работающая с чертежами любого формата и уровня сложности, что принципиально при переводе проектной и нормативной документации, тендерных предложений, каталогов оборудования, технических описаний и пр.

По цене

Отработанная технология выполнения переводов и большое количество заказов позволяют Компании удерживать низкий уровень цен при сохранении высокого качества перевода.

На рейде

Сегодня «Компания ЭГО Транслейтинг» работает с целым рядом таких предприятий, как ОАО Судостроительный завод «Северная верфь», ОАО «Балтийский завод», ФГУП «Северное ПКБ», ФГУП ЦМКБ «Ал-

маз», ФГУП НПО «Аврора», ФГУП ЦКБ МТ «Рубин», Российский Морской Регистр Судостроения, ОАО «Компрессор», ФГУП «ЦНИИ им. академика А.Н. Крылова» и является официальным переводчиком ФГУП «Рособоронэкспорт». В число клиентов «Компании ЭГО Транслейтинг» входят не только предприятия Санкт-Петербурга и Северо-Запада, но и других регионов России.

Лоцман кораблестроения

«Компания ЭГО Транслейтинг» содействует продвижению судостроительной отрасли на международные рынки. Команда «Компания ЭГО Транслейтинг» будет всегда рада рассмотреть новые предложения



EGO TRANSLATING
C O M P A N Y

ЗАО «Компания ЭГО Транслейтинг»
Мучной переулоч, дом 2,
191023, Санкт-Петербург, Россия.
Тел. +7(812) 310 2571, 113 4713
Факс +7(812) 310 1288, 113 4713
E-mail: manager@translating.spb.ru
www.translating.spb.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ НАДСТРОЕК КОРАБЛЯ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК КОАКСИАЛЬНОЙ ЛОГОПЕРИОДИЧЕСКОЙ АНТЕННЫ

А. Ф. Яковлев, канд. техн. наук (НИЦ связи ВМФ) УДК 621.396.676:629.5

Для радиосвязи надводных кораблей (НК) между собой, с летательными аппаратами и береговыми пунктами на метровых и дециметровых волнах (МВ и ДМВ) используют вертикально поляризованные ненаправленные антенны. Число таких антенн на НК достигает 10 и более, поэтому большинство из них не может быть размещено выше корабельных надстроек, а горизонтальное расстояние Δ между антенной и металлическими элементами корабельной архитектуры часто невелико. По этой причине диаграммы направленности (ДН) большинства антенн в условиях НК значительно отличаются от круговых (рис. 1). С целью уменьшения влияния элементов корабельной архитектуры на форму ДН технические условия (ТУ) на корабельную антенну диапазона 100—400 МГц, как правило, содержат требование $\Delta \geq 3$ м, которое не всегда может быть выполнено.

Ввиду отсутствия мест для установки всех антенн в соответствии с ТУ, часто ненаправленные антенны МВ—ДМВ располагают в непосредственной близости к мачте или переборке надстройки на расстоянии около метра. Так, на НК пр. 12441 две антенны из семи расположены ниже среза вертолетной площадки побортно вблизи проводящих стенок. На НК пр. 1155 три антенны МВ—ДМВ установлены на метровых кронштейнах вблизи надстроек. В этих случаях ДН антенн в наибольшей степени отличается от круговых, образуются нерабочие сектора ДН, при этом форма ДН изменяется в рабочем диапазоне частот, ухудшается согласование антенны с фидером.

Рассмотрим вариант диапазонной слабонаправленной антенны, а именно, несимметричную коаксиальную логопериодическую антенну (НКЛПА), при размещении которой в непосредственной близости от надстройки ДН мало зависит от частоты. При этом постоянный рабочий сектор ДН антенны может составлять 110—150° независимо от частоты, а подключение двух радиостанций к двум противоположно ориентированным антеннам через диапазонное развязывающее устройство позволяет удвоить рабочие сектора ДН для каждой из двух радиостанций. ДН в этом случае может иметь вид, представленный на рис. 2.

НКЛПА состоит из двух неодинаковых структур № 1 и 2. Структура № 1 (рис. 3, а) содержит цилиндрические вибраторы (мо-

нополи) длиной H_1, H_2, \dots, H_N и распределительную линию. Структура № 2 (рис. 3, б) выполнена в виде полой конструкции (вибраторы и распределительная линия полые). Структуры № 1 и 2 подбираются так, чтобы при расположении структуры № 1 в структуре № 2 оси их вибраторов и распределительных линий совпали, т. е. оказались коаксиальными (см. рис. 3, в).

НКЛПА характеризуется следующими геометрическими параметрами: α_1 и α_2 — углы между продольной осью $O-O'$ и линиями, проходящими через концы вибраторов структур № 1 и 2 соответственно; R_n — расстояние от общей вершины углов α_1 и α_2 до оси n -го коаксиального вибратора; H_n/h_n — отношение длины n -го вибратора структуры № 1 к длине n -го вибратора структуры № 2; $\tau = R_{n+1}/R_n$ — коэффициент периодичности подключения монополей к распределительной линии; N — количество коаксиальных вибраторов; $\sigma = (R_n - R_{n+1})/4H_n$ — расстояние в долях волны между точками подключения четвертьволнового n -го и $(n+1)$ -го монополя; a_n/H_n — относительный радиус n -го вибратора структуры № 1; r_n/H_n — относительный радиус коаксиальной части n -го вибратора.

Обозначим волновые сопротивления коаксиальных частей вибраторов и коаксиальной распределительной линии соответственно W_v и W_l .

В отличие от симметричной двухпроводной распределительной линии дипольной логопериодической антенны (ДЛПА) коаксиальная конструкция распределительной линии НКЛПА позволяет: обойтись без симметрирования при питании антенны коаксиальным фидером; выполнить антенну на большую мощность при низкоомном входе (75 Ом и меньше); использовать структуру № 2 в качестве несущей конструкции для консольного крепления антенны.

Сравним ДЛПА с НКЛПА. Если у первой монополи, расположенные по разные стороны от осевой линии $O-O'$ образуют симметричные диполи, то у НКЛПА аналогичные монополи сдвинуты относительно друг друга, что обуславливает увеличение точек подключения их к распределительной линии в 2 раза, т. е. увеличивается коэффициент периодичности с τ до $\sqrt{\tau}$, а значит, увеличивается коэффициент направленного действия (КНД), при этом сдвиг не приводит к сближению мо-

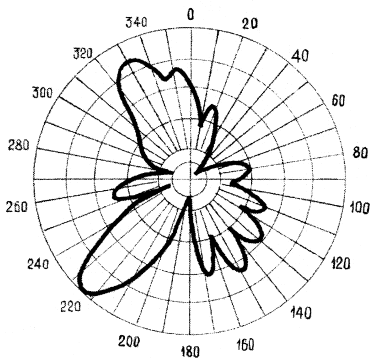


Рис. 1. Типичная ДН ненаправленной антенны МВ–ДМВ на НК, снятая при заводских ходовых испытаниях

нополей, расположенных на каждой из сторон от оси $O-O'$, что позволяет уменьшить продольный размер НКЛПА по сравнению с размером дипольной ЛПА того же диапазона и КНД.

Известно, что электрические параметры логопериодических антенн не критичны к ошибкам в исполне-

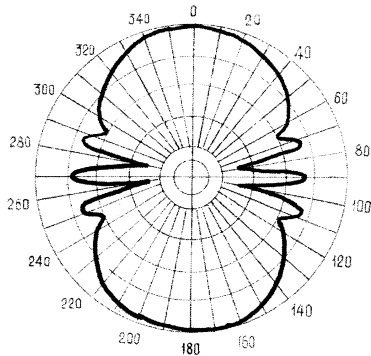


Рис. 2. Суммарная ДН двух направленных антенн на НК

нии геометрии отдельных вибраторов. Это дает возможность нарушить принцип подобия из технологических соображений и рассчитать геометрические параметры НКЛПА при $H_n/h_n = 2$ с помощью приближенных формул для ДЛПА [1], с учетом заданных требований к рабочему диапазону, входному сопротивлению $R_{вх}$, ширине ДН и продольному размеру НКЛПА (расстоянию между крайними монополями).

Геометрические параметры НКЛПА могут быть приближенно определены в следующем порядке.

1. После того, как из конструктивных соображений выбраны значения a_n/H_n и r_n/H_n , находим значение добротности монополя Q_m , при-

равняя его половине добротности диполя,

$$Q_m \approx 1,4 \lg \frac{H_n}{\sqrt{a_n r_n}}$$

ввиду того, что входное сопротивление четвертьволнового коаксиального монополя с $H_n/h_n = 2$ близко к значению входного сопротивления полуволнового диполя, а его волновое сопротивление примерно в 2 раза меньше.

2. По заданному значению ширины ДН в плоскости $H-\Phi_{0,5}$ находим коэффициент направленного действия (КНД) $D_{дБ}$ из формулы

$$\lg \Phi_{0,5} = 4,64 - 0,1 D_{дБ} - \lg(103 - 4,4 D_{дБ}). \quad (1)$$

3. Зная Q_m и $D_p = 10^{0,1 D_{дБ}} \approx 1,26^{D_{дБ}}$, находим значение τ из выражения

$$\tau = 1 - 0,8/D_p + Q_m/123.$$

4. Из опыта построения дипольных ЛПА принимаем длины крайних диполей равными $H_1 = \lambda_{max}/4\tau$; $H_N \leq 0,19 \lambda_{min}$ и находим угол α_1 , подставляя желаемую величину L (расстояние между монополями H_1 и H_N) в формулу

$$\alpha_1 = \arctg \frac{H_1 - H_N}{L}.$$

$$5. \sigma = (1 - \tau)/4 \operatorname{tg} \alpha_1.$$

6. Необходимое число монополей равно

$$N = 1 + \frac{\lg \frac{H_1}{H_N}}{\lg \frac{1}{\tau}} = 1 + \frac{\lg \left(\frac{1,3}{\tau} \cdot \frac{f_{max}}{f_{min}} \right)}{\lg \frac{1}{\tau}}$$

где f_{max} и f_{min} — крайние частоты предполагаемого рабочего диапазона НКЛПА.

7. $W_n \approx 2R_{вх}$, где $R_{вх}$ — желаемое среднее значение входного сопротивления НКЛПА.

В случае выполнения распределительной линии с квадратным сечением внешнего проводника $A \times A$ и внутреннего провода в виде полосы шириной b находим отношение A/b из выражения

$$W_n = 138 \lg(2,16A/b);$$

$$A/b = 0,463 \cdot 10^{W_n/138}.$$

Для работы в диапазоне 100–400 МГц, при $R_{вх} = 50$ Ом, при ширине ДН в плоскости $H-\Phi_{0,5} \approx 120^\circ$ и габаритах, приемлемых для использования на НК ($L \approx 0,9$ м), были рассчитаны геометрические параметры НКЛПА: $\alpha_1 = 40^\circ$; $\tau = 0,85$; $\sigma = 0,045$; $N = 12$ при $a_n/H_n = 0,03$; $r_n/a_n = 3,6$; $H_n/h_n = 2$ и $A/b = 2,6$.

Экспериментальная модель была выполнена с указанными параметрами и $W_n = 103$ Ом; $W_b = 75$ Ом.

Для упрощения конструкции принцип подобия для радиусов вибраторов не соблюдался в полной мере. Значения H_n/h_n приведены ниже:

n	a_n/H_n	n	a_n/H_n
1	0,016	7	0,030
2	0,019	8	0,035
3	0,022	9	0,030
4	0,026	10	0,035
5	0,022	11	0,041
6	0,026	12	0,048

Проводник распределительной линии (фидер) структуры № 2 был выполнен в виде правильной усеченной пирамиды с квадратными основаниями 172x172 и 80x80 мм, проводник распределительной линии структуры № 1 — в виде полосы

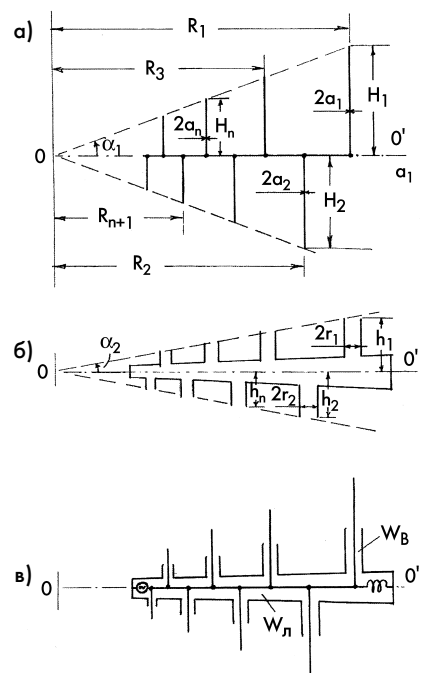


Рис. 3. Схема устройства НКЛПА: а — структура № 1; б — структура № 2; в — взаимное расположение структур № 1 и 2

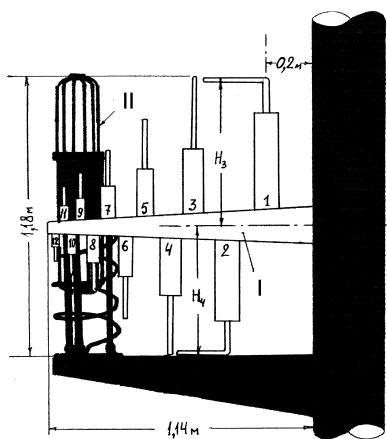


Рис. 4. Соотношение размеров НКЛПА с укороченными вибраторами (I) и антенны К-674-11 на кронштейне (II)

переменной ширины в соответствии с формулой $W_n = 138 \lg(2,16 \cdot A/b)$. Кабель питания прокладывался вдоль ребра внутри пирамиды, при этом оплетка кабеля имела гальванический контакт по всей длине распределительной линии структуры № 2.

Внутренний проводник коаксиального кабеля присоединялся к концу распределительной линии структуры № 1 около N-го, самого короткого, вибратора.

Для защиты от низкочастотных электромагнитных полей (в том числе от СВ и КВ радиостанций НК) конец металлической полосы около первого вибратора соединен с основанием пирамиды проводом диаметром 4 мм, длиной 570 мм, свернутым в спираль диаметром 32 мм, т. е. распределительная линия НКЛПА закорочена по постоянному току.

В целях уменьшения размеров антенны первый вибратор загнут на угол 90° на высоте H_3 , а второй вибратор — на высоте H_4 (рис. 4).

Были измерены входные сопротивления и диаграммы направленности НКЛПА с указанными геометрическими параметрами. Коэффициент бегущей волны (КБВ) в кабеле с волновым сопротивлением 50 Ом показан сплошной кривой на рис. 5. $K_{\text{БВ}} \geq 0,4$ в диапазоне 100–400 МГц кроме частоты $f = 110$ МГц, где $K_{\text{БВ}} = 0,28$. Типичные ДН в плоскостях E и H на частотах 150–400 МГц показаны на рис. 6. В диапазоне 100–130 МГц ДН имеют значительное излучение назад (до $0,5 E_{\text{max}}$) при ширине ДН в плоскости H до 200°.

Уменьшение излучения назад на частотах 100–130 МГц возмож-

но при увеличении размера антенны примерно в 1,5 раза или при использовании элементов надстроек НК для формирования направленных ДН. Учитывая нежелательность увеличения размеров антенны, предназначённой для НК, предпочтение отдано второму пути.

При консольном креплении НКЛПА на цилиндрической мачте (см. рис. 4) и на проводящей стенке наилучшие результаты получены, когда расстояние оси первого вибратора до поверхности надстройки было равно $\Delta = 0,067 \cdot \lambda_{\text{max}} = 0,2$ м.

Значения КБВ при $\Delta = 0,067 \cdot \lambda_{\text{max}}$ показаны на рис. 5 пунктиром для НКЛПА на цилиндрической мачте диаметром 160 мм и точками для антенны на вертикальной стене. Из рисунка видно, что улучшилось согласование с кабелем, исчез минимум КБВ, равный 0,28 на частоте 110 МГц, во всем рабочем диапазоне $K_{\text{БВ}} \geq 0,4$.

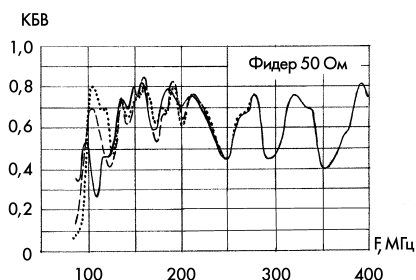


Рис. 5. Зависимость коэффициента бегущей волны от частоты:
 ———— одиночная антенна ($\Delta = \infty$);
 - - - антенна на мачте ($\Delta = 0,2$ м);
 антенна на переборке ($\Delta = 0,2$ м)

При расположении НКЛПА на мачте уменьшилось излучение назад с уровня $0,5 E_{\text{max}}$ до $(0,1 \dots 0,15) \times E_{\text{max}}$, а ширина ДН в плоскости H уменьшилась с 200° до 130–145°, т. е. во всем рабочем диапазоне 100–400 МГц ширина ДН оставалась в пределах 110–150°, а излучение назад не превосходило $0,15 E_{\text{max}}$.

При расположении НКЛПА на вертикальной стене излучение назад отсутствовало, что естественно. Ширина ДН в плоскости H при изменении частоты от 100 до 200 МГц увеличивалась от 100 до 140°; в диапазоне 220–400 МГц наблюдались некоторые осцилляции ДН, но при этом в секторе шириной 110° минимумы ДН не опускались

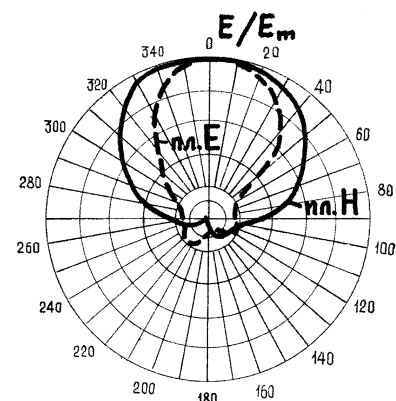


Рис. 6. Типичные диаграммы направленности НКЛПА в плоскостях H и E

ниже $0,6 E_{\text{max}}$. Типичные ДН в плоскости H приведены на рис. 7 непрерывной линией на частоте $f = 325$ МГц и пунктиром на частоте $f = 400$ МГц.

Анализ экспериментальных данных показывает, что при размещении противоположно ориентированных НКЛПА на цилиндрических мачтах характер суммарной ДН будет соответствовать ДН, изображенной на рис. 2, а при размещении на вертикальных стенах надстроек — диаграммам направленности, подобным приведенным на рис. 7 с их зеркальным изображением в секторе 90–270°.

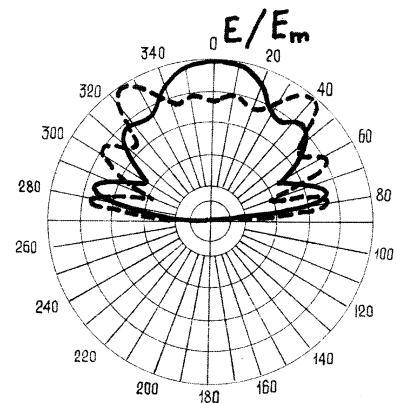


Рис. 7. Диаграммы направленности НКЛПА в диапазоне ДМВ при расположении антенны на вертикальной плоскости

Следует отметить, что ввиду асимметрии антенны на некоторых частотах направление излучения в плоскости E отклоняется от главного примерно на $\pm 10^\circ$, что мало влияет на уровень излучения в главном направлении при широкой ДН.

Все вышеизложенное свидетельствует о положительном влиянии над-

строек НК на характеристики НКЛПА.

Экспериментальные данные показывают, что на частотах выше 150 МГц среднее значение ширины ДН на уровне $0,5 P_{\max}$ в плоскости E равно $\theta_{0,5} = 68^\circ$, в плоскости H — $\varphi_{0,5} = 124^\circ$. Значения $\theta_{0,5}$ и $\varphi_{0,5}$ позволяют определить КНД НКЛПА по формуле [2]:

$$D_{\text{дб}} = 10 \lg \frac{41253}{\varphi_{0,5} \theta_{0,5}} = 6,9 \text{ дБ}, \quad (2)$$

а геометрические параметры антенны $H/\sqrt{r-a} = 17,6$, $\tau = 0,85$, $\sigma = 0,045$ по формулам [1]:

$$D_{\text{дб}} = 17,5 - \lg \frac{H}{\sqrt{r-a}} - 7,3 \lg \left(\arctg \frac{1-\tau}{0,755\tau} \right) - 10 |0,19\tau - \sigma| = 6,9 \text{ дБ} \quad (3)$$

или

$$D_{\text{дб}} = 17,5 - 0,714 Q_m - 7,3 \lg \left(\arctg \frac{1-\tau}{0,755\tau} \right) - 10 |0,19\tau - \sigma| = 6,9 \text{ дБ} \quad (4)$$

Результаты расчетов КНД по формулам (1), (2), (3) и (4) близки, что подтверждает возможность расчета по формулам (3) и (4) коэффициента направленности действия НКЛПА.

ЛПА из коаксиальных диполей с $\alpha_1 = 40^\circ$ при одинаковом количестве monopoles с НКЛПА будет иметь $\tau = 0,72$ и $\sigma = 0,083$.

Расчетное значение КНД ЛПА из коаксиальных диполей равно 5,2 дБ, т. е. меньше, чем у НКЛПА.

Более частое, чем у ДЛПА, подключение вибраторов к распределительной линии НКЛПА позволило избежать аномальных, резких изменений КБВ и ДН, наблюдаемых ино-

гда у ДЛПА с большими углами α в диапазоне частот.

Ввиду возможности крепления НКЛПА без кронштейна непосредственно к надстройке, объем, занимаемый ею, будет не больше объема антенны марки К-674-11 с кронштейном (см. рис. 4). Очевидно, что и масса К-674-11 с кронштейном будет больше, чем у НКЛПА.

Заключение. Направленные несимметричные коаксиальные логопериодические антенны могут эффективно использоваться на НК в качестве диапазонных антенн радиосвязи МВ—ДМВ при их размещении в непосредственной близости от элементов надстроек, при котором всенаправленные антенны теряют свою эффективность.

Литература

1. Яковлев А. Ф. Приближенный расчет логопериодических антенн // Судостроение. 2001. № 3.
2. Вершков М. В., Миротворский О. Б. Судовые антенны. Л.: Судостроение, 1990.

ПОЖАРНОЕ СУДНО ДЛЯ НЕФТЕТЕРМИНАЛА

26 июля 2002 г. со стапеля ООО «Севморверфь», входящего в ОАО «Севастопольский морской завод» (Украина), состоялся спуск пожарного судна «Південний» (пр. 50320), заложеного 19 апреля 2002 г. Судно предназначено для оказания помощи аварийным судам и обеспечения пожарной безопасности нефтяного терминала порта «Южный», обслуживающего суда дефвейт до 150 тыс. т.

Заказчик судна — ГАО «Укртрансфанта», проектант — ГП ЦКБ «Черноморец». Класс Регистра — КМ ★ ЛУЗ II ПЗВ¹.

Основные характеристики судна: длина 44,54 м, ширина 10 м, водоизмещение 665 т, дальность плавания 1700 миль при скорости хода 13 уз. Судовая команда 24 чел., пожарная — 37 чел. (экипаж определялся из расчета 4-сменной круглосуточной вахты). Запас ГСМ 50 т, расход топлива в сутки 8 т. Время готовности судна к выходу в море по тревоге 15—20 мин.

Для возможности буксировки аварийных судов предусмотрен буксирный гак фирмы «Albe» с дистанционным управлением.

На судне установлено следующее оборудование: два дизеля Caterpillar 3512 В мощно-

стью по 1380 кВт; две винторулевые колонки Shottel SRP1010CP, улучшающие маневренность судна; телескопическая выдвижная вышка фирмы Unitor ASA с максимальной высотой подъема водопенного ствола 22 м от верхней палубы.

Водяная пожарная система состоит из двух главных пожарных насосов подачи по 1750 м³/ч при давлении 1,4 МПа и трех водяных лафетных стволов подачи 1000 м³/ч с радиусом действия 120 м. Лафетные стволы установлены на специальной площадке, расположенной над ходовой рубкой на высоте 10,6 м от верхней палубы, и имеют дистанционное управление из рубки.



Спуск пожарного судна «Південний»

Водопенная установка — один ствол с дистанционным управлением на выдвижной телескопической вышке — имеет производительность не менее 60 л/с пены, дальность струи 65 м, расход воды 360 м³/ч при давлении 1,1 МПа. Запас пенообразователя ПЛВ-У — 30 т.

Система водяной завесы защищает судно и площадку лафетных стволов от теплового излучения при пожарах. Вода в систему подается от специальной противопожарной системы; предусмотрено местное и дистанционное управление затворами из ходовой рубки.

Система осушения аварийного судна оснащена переносными водоотливными эжекторами типа ВЭЖ 160 подачи 160 м³/ч.

Противопожарное снаряжение: комплексное снаряжение пожарных — 37 компл., автономные дыхательные аппараты — 30 компл., пожарные рукава, комбинированные стволы, переносные пеногенераторы, международные береговые соединительные узлы, пожарный инструмент, газоанализаторы, дымососы.

«Південний» будет самым современным пожарным судном на Украине, полностью соответствующим требованиям пожаробезопасности нефте-терминалов и предприятий нефтегазовой отрасли. □

¹Проектный вид сбоку и план палубы — см. «Судостроение», 2002, № 1, стр. 57.

ГИДРОАКУСТИЧЕСКИЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ СКОРОСТИ ЗВУКА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

В. А. Комляков (ЗАО «Аквамарин»)

УДК 681.883.6:534.6-143

Основными элементами современной корабельной системы прогнозирования характера распространения звука в океанической среде и выбора оптимальных условий использования гидроакустических средств являются гидроакустические измерители скорости звука (ГИСЗ) с аппаратно-программной обработкой информации и персональные компьютеры (ПК). В состав ГИСЗ входят импульсно-циклический датчик скорости звука и бортовой измерительный преобразователь (БИП), унифицированный для надводных кораблей (НК) и подводных лодок (ПЛ). БИП и ПК совместно обеспечивают аппаратно-программную обработку информации, поступающей от датчика скорости звука, измерение и цифровую индикацию значений скорости звука и глубины, графическое отображение профиля вертикального распределения скорости звука (ВРСЗ) на экране дисплея или распечатку его на принтере, хранение измеренных значений в банке данных, а также позволяют формировать полный профиль ВРСЗ до дна на основе использования многолетних среднестатистических данных по гидрологическим условиям в различных районах Мирового океана.

Рабочие программы для ПК предусматривают: учет систематических погрешностей измерения скорости звука, возникающих вследствие нелинейности выходной характеристики датчика, и корректировку измеренных значений; расчет глубины погружения разового зонда; формирование аппроксимированного полного профиля ВРСЗ для гидролого-акустических расчетов; расчет и отображение зон акустического обнаружения целей с учетом потерь на распространение и энергетической дальности действия гидроакустической станции (ГАС); выбор оптимальных условий использования ГАС в конкретной гидролого-акустической обстановке и в зависимости от решаемых задач; управление режимами работы; контроль работоспособности и диагностику аппаратуры.

Технологические программы содержат необходимую информацию для различных режимов работы и используются при настройке и сдаче аппаратуры на предприятии.

Рассмотрим структуру и технические характеристики ГИСЗ и его составных частей. В зависимости от назначения, объема решаемых задач, организации получения и использования гидрологической информации ГИСЗ имеет сокращенную (рис. 1, а) и полную (рис. 1, б) комплектации, отличающиеся

наличием или отсутствием ПК в составе аппаратной части. Аппаратура сокращенной комплектации обеспечивает измерение, цифровую индикацию скорости звука и глубины, а также выдачу информации в боевую информационно-управляющую систему (БИУС) или гидроакустический комплекс (ГАК) корабля. Аппаратура полной комплектации используется как самостоятельная система, обеспечивая решение полного объема перечисленных выше задач. В качестве ПК может применяться любой компьютер морского исполнения, совместимый с IBM PC.

Основные технические характеристики ГИСЗ

Диапазон измеряемых значений скорости звука, м/с	1400–1600
Неисключенная составляющая систематической погрешности измерений, м/с	не более 0,2
Граница основной погрешности при доверительной вероятности $p = 0,95$ (по МИ2352-95), м/с	0,25
Среднеквадратическое отклонение результата измерений, м/с	не более 0,05
Разрешающая способность, м/с	0,01
Рабочие глубины измерений для НК, м	до 1000
Основная погрешность измерения глубины ($p = 0,95$), %	не более 0,5 от предела шкалы глубины
Рабочие глубины измерений для подводных объектов, м	до 6000
Дискретность отсчета текущего значения глубины, м	1
Электропитание, В/Гц	220/50
Потребляемая мощность, В·А:	
полной комплектации	не более 300
сокращенной комплектации	не более 60

При получении данных о глубине от штатного глубиномера объекта основная погрешность измерения глубины определяется его погрешностью.

На экране дисплея ПК могут отображаться время и координаты места проведения измерений, для чего предусмотрена связь с системой единого времени и навигационным комплексом объекта.

Подводный измерительный модуль ГИСЗ представляет собой стационарный датчик, который устанавливается на корпусе подводного объекта или опускается на кабель-тросе с борта НК. Он имеет две модификации, отличающиеся только конструкцией корпуса (рис. 2), что позволяет размещать и эксплуатировать его на объектах различного назначения, в том числе в составе гидроакустиче-

ских средств ПЛ, НК и вертолетов ПЛО. Каждая модификация выполнена в двух исполнениях: с встроенным датчиком глубины (рис. 3) и без него.

Датчик скорости звука — импульсно-циклический с длиной измерительной базы $2l = 125$ мм. Частотный диапазон выходного сигнала по каналу скорости звука 700—800 Гц. Конструкция измерительной базы и ее составных частей позволяет минимизировать влияние акустических помех всех видов.

В качестве первичного преобразователя в канале измерения глубины используется тензометрический датчик давления с прецизионным преобразователем «напряжение—частота». Датчик имеет температурную компенсацию амплитудной характеристики в начале и конце рабочего диапазона. Частотный диапазон выходного сигнала, соответствующий изменению глубины от 0 до 1000 м, составляет 4—5 кГц.

Выходной сигнал измерительного модуля представляет собой линейную сумму двух частот, пропорциональных текущим значениям скорости звука и глубины. Амплитудное значение сигнала на активной нагрузке 50 Ом составляет $0,5 \pm 0,1$ В.

Для передачи информации в БИП при установке ГИСЗ на НК используется одножильный грузонесущий бронированный кабель КГ1-24-90 диаметром 6 мм или любой другой с аналогичными параметрами, при установке на ПЛ — двухжильный кабель типа СМПЭВГ.

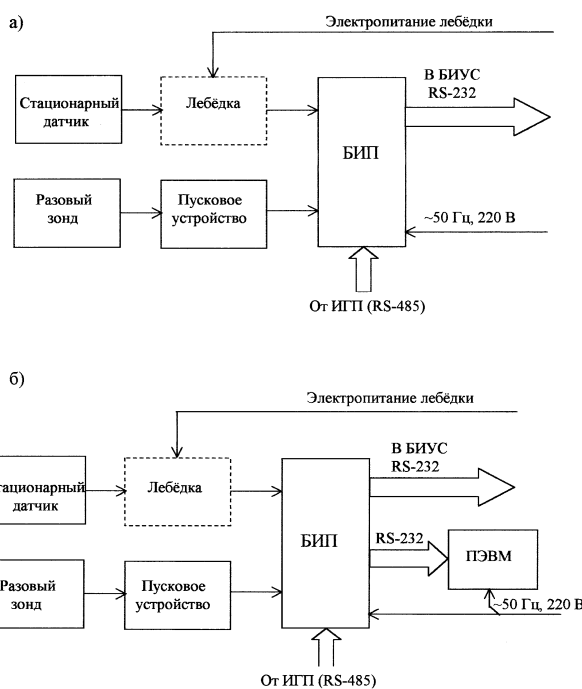


Рис. 1. Структура гидроакустического измерителя скорости звука при сокращенной (а) и полной (б) комплектации

Электропитание измерительного модуля и информационный сигнал передаются по одним и тем же жилам кабеля. Переменная и постоянная составляющие разделяются при помощи выходного трансформатора модуля и разделительных катушки индуктивности и конденсатора на входе БИП (рис. 3, 4). Габаритные размеры модуля $\varnothing 76 \times 465$ мм, масса 5 кг. Материал корпуса — титановый сплав.

Механическое крепление модуля к кабель-тросу и электрическое подключение к нему осуществляются при помощи специального соединительного устройства. При установке на ПЛ (см. рис. 2, б) используется стойка, обеспечивающая необходимое отстояние модуля от корпуса. В

стойку убирается также петля соединительного кабеля длиной 1,5 м, которая необходима для выноса модуля к калибровочной ванне при его калибровке на объекте. Конструкция стойки и присоединительные размеры ее основания позволяют устанавливать измерительный модуль в местах размещения измерительных баз существующих ГИСЗ без проведения дополнительных работ. Стойка с измерительным модулем может устанавливаться на выдвижной или заваливающейся устройстве.

Для измерения ВРСЗ на ходу НК предлагаются два варианта конструкции разового зонда. Аналог первого варианта конструкции — зонд типа XSV (США). Этот зонд собирается для применения и хранения в специальной капсуле и стопорится

в собранном виде при помощи чеки. Аналогом второго варианта является зонд «Алтын», но с существенно меньшими габаритными размерами и массой. Зонд типа «Алтын» сборочной капсулы не требует [1, 4].

Предельная глубина зондирования составляет 1000 м при скорости хода НК до 10 уз, что обеспечивается длиной провода на катушках зонда и бортовой. При увеличении длины провода на бортовой катушке скорость хода при проведении измерений может быть увеличена. Расчетная скорость погружения зонда (5 м/с) требует уточнения по результатам испытаний в морских условиях. Линия передачи информации — одножильный про-

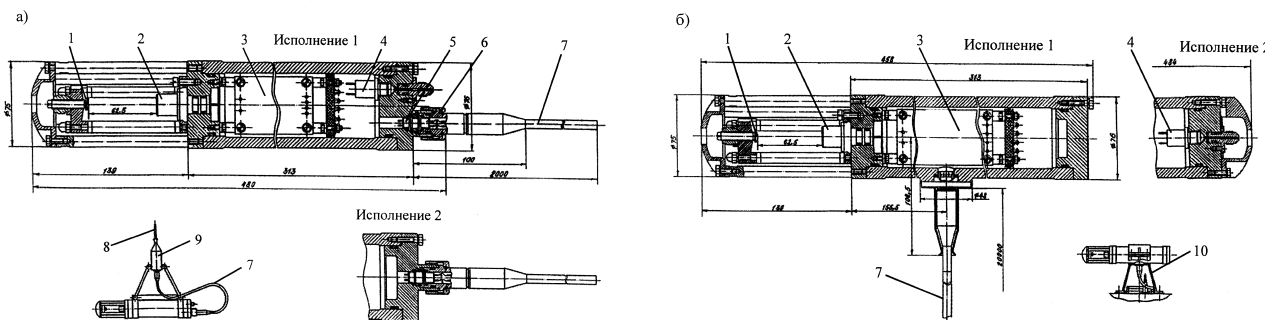


Рис. 2. Подводные измерительные модули для надводных кораблей (а) и подводных лодок (б):

- 1 — отражатель; 2 — акустический приемоизлучающий преобразователь; 3 — блок электроники; 4 — тензопреобразователь давления; 5 — вилка; 6 — розетка; 7 — кабель; 8 — кабель-трос; 9 — соединительное устройство; 10 — установочная стойка

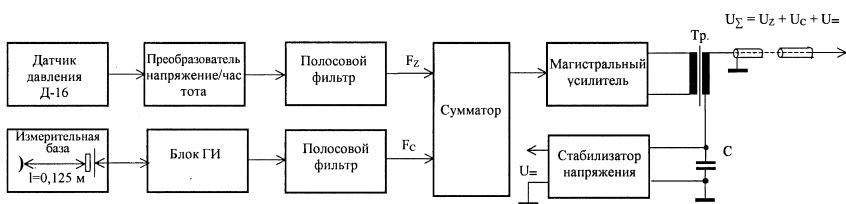


Рис. 3. Структурная схема подводного измерительного модуля с датчиком глубины

вод диаметром 0,3 мм и массой 0,16 кг на 1 км. Усилие сматывания провода с катушек не более 1 г. Электропитание осуществляется от пяти элементов РЦ-53 или одной секции 5 РЦ-53У, которые размещаются в головной части зонда и герметизируются специальной пробкой с обтекаемыми обводами. На корпусе зонда предусмотрен контакт включения электропитания при попадании зонда в воду. Более целесообразно использовать миниатюрные источники питания наливного типа, аналогичные применяемым в зондах ХSВ, однако отечественная промышленность пока их не выпускает.

Собственно зонд имеет диаметр 52 мм, длину 290 мм и массу не более 1,5 кг. Он может быть использован также в качестве прототипа конструкции всплывающего зонда для ПЛ.

Основу аппаратной части ГИСЗ составляет БИП, который обеспечивает частотное разделение электрических сигналов скорости звука и глубины, преобразование нормированных сигналов, их цифровую индикацию и формирование информации для передачи ее в БИУС или ГАК корабля и в ПК.

БИП (рис. 4) обеспечивает работу в следующих режимах: прием информации от стационарного или разового зонда; контроль работоспособности и диагностика неисправностей.

Информация от стационарного зонда обоих исполнений поступает на вход 1. При отсутствии в составе зонда датчика глубины на вход 2 от штатного глубиномера подводного объекта, на котором установлен ГИСЗ, должен подаваться сигнал глубины.

В режиме работы с разовым зондом сигнал скорости звука по однопроводной линии связи с использованием морской воды в качестве нулевого проводника подается на вход 3. Отсчет глубины начинается при появлении на входе 3 сигнала скорости звука и прекращается по-

сле его пропадания. Глубина погружения зонда определяется по времени и скорости его погружения в соответствии с зависимостью

$$z = vt - kt^2,$$

где v и k — постоянные величины для каждой модели разовых зондов, определяемые по результатам испытаний в морских условиях.

Электрический сигнал, соответствующий произведению vt , формируется таймером и генератором сигнала глубины, начиная от момента попадания зонда в воду, а глубина z рассчитывается по соответствующей программе.

Индикация измеренных значений скорости звука и глубины производится на цифровом табло. Скорость звука и глубина измеряются

ное запоминающее устройство (ОЗУ) для хранения результатов измерений, из которого осуществляется их выборка в БИУС, ГАК или в банк данных ПК. Для сокращения объема памяти в банк данных ПК записываются только те значения скорости звука, которые соответствуют приращению глубины на 5 м в пределах глубин от 0 до 400 м и на 20 м — на глубинах более 400 м. При необходимости на экран цифрового индикатора можно вызвать значения скорости звука, соответствующие любой глубине измеренного профиля ВРСЗ.

По аналогии с ГИСЗ «Алтын» и ИЗМ-2000 в БИП предусмотрены аналоговые частотные выходы по каналам скорости звука и глубины, которые необходимы при проведении ряда исследовательских работ. Амплитуда выходного сигнала по каждому каналу $1 \pm 0,2$ В на нагрузке 50 Ом [2, 3].

Электропитание БИП осуществляется от однофазной сети переменного тока 220 В, 50 Гц, потребляемая мощность не более 50 В·А. Блок питания БИП обеспечивает электропитание стационарного зонда постоянным током, который передается од-

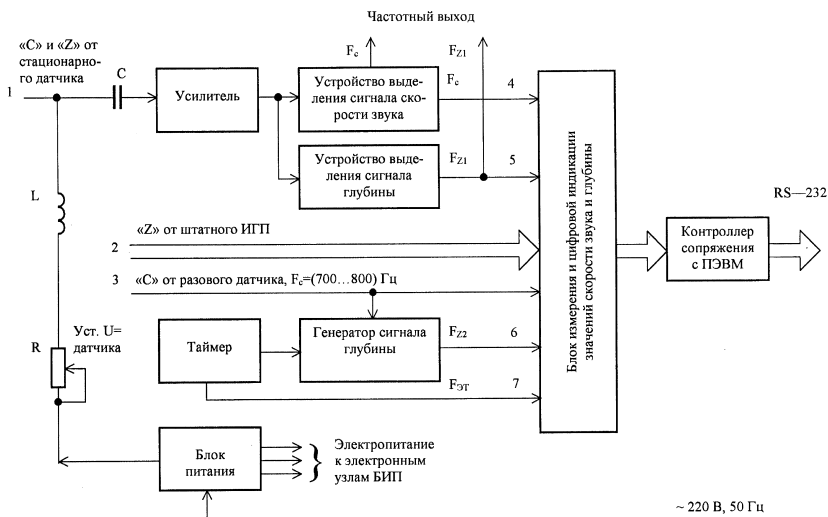


Рис. 4. Структурная схема бортового измерительного преобразователя

одновременно. Пауза между соседними циклами измерений составляет 0,05 с. Предельная инструментальная погрешность измерения по каналу скорости звука не превышает 0,05 м/с, а по каналу глубины — не более 0,5 м.

В блоке измерения и цифровой индикации размещается оператив-

но одновременно с информационным сигналом по центральной жиле и наружной броне грузонесущего кабеля при установке ГИСЗ на НК и двум жилам кабеля — при установке на ПЛ. Длина линии связи — от 20 до 4000 м. В блоке электропитания предусмотрена регулировка напряжения в зависимости от длины линии связи.

Габаритные размеры прибора 335 x 550 x 160 мм, масса 10 кг. Возможна унификация БИП для обработки и отображения информации и от зондов ХВТ.

Технические параметры рассматриваемого ГИСЗ могут быть реализованы только при соответствующей метрологической аттестации.

В качестве средств спуска—подъема измерительного модуля в рассмотренном ГИСЗ целесообразно использовать электрическую кабельную лебедку марки ЛЭС-49, которая имеет минимальные размеры и достаточную емкость кабеля.

Прототипом пускового устройства для разовых зондов, собранных в капсуле, могут служить отечествен-

ное палубное пусковое устройство для зонда Т30-1 и бортовое устройство фирмы Sippican типа LM-4A, используемое для зондов ХВТ и ХSV. Прототипом пускового устройства для разового зонда второго варианта может быть пусковое устройство из состава ГИСЗ «Алтын» [1, 4].

Устройства для пуска разовых зондов с борта ГЛ отечественной промышленностью пока не производятся.

Рассмотренная выше структура ГИСЗ с аппаратно-программной обработкой информации не является единственной. Она может быть изменена в зависимости от назначения и объема решаемых задач, а также наличия других средств спуска—подъема и пуска измерительных зон-

дов и соответствующих им линий передачи информации.

Литература

1. Комляков В. А., Тарасюк Ю. Ф. Разовые зонды для измерения гидрофизических параметров океанической среды // Судостроение. 1999. № 6.
2. Комляков В. А. Гидроакустические измерители скорости звука // Судостроение. 1994. № 11—12.
3. Романов В. Ю. Гидроакустическая станция измерения скорости распространения звука в морской воде // Труды пятой международной конференции «Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики». Санкт-Петербург, 6—9 июня 2000.
4. Тарасюк Ю. Ф. Технические характеристики измерителей скорости звука и температуры воды с обрывными зондами, используемых в ВМФ США и стран НАТО // Судостроение за рубежом. 1984. № 10.

РАСЧЕТ МАГНИТНОГО ГИСТЕРЕЗИСА СУДНА

Ю. В. Большаков, Е. А. Сезонов, канд. техн. наук (ФГУП ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова)

УДК 629.5.024:537.623

Обеспечение безопасности эксплуатации судов и условий работы судовой магнитометрической аппаратуры, например магнитных компасов, требует разрушения остаточной намагниченности корпуса судна, т. е. размагничивания. Наиболее распространенный способ размагничивания заключается в воздействии на судно внешним знакопеременным магнитным полем (МП) затухающей амплитуды, осуществляющимся в нулевом (скомпенсированном) магнитном поле Земли. В результате такого воздействия ферромагнитный материал судна из намагниченного состояния переходит в размагниченное, при котором значение магнитного момента M_p остаточной намагниченности судна стремится к нулю [1].

Поскольку в процессе размагничивания судовая магнитометрическая аппаратура подвергается воздействию сильного знакопеременного МП с начальной амплитудой, превышающей 20 мТл, то весьма важно определить намагниченность судовых конструкций, и в первую очередь корпуса, с целью выявления влияния этих полей на аппаратуру. Сложность решения данной задачи связана с наличием магнитного гистерезиса у ферромагнитных конструкций, параметры которого определяются магнитными свой-

вами материала, интенсивностью намагничивающего поля и магнитной предысторией. Задача определения намагниченности судовых конструкций также усложняется невозможностью непосредственного использования экспериментальных данных о магнитном гистерезисе материала конструкций, так как последние намагничиваются внутренним полем, отличающимся от внешнего вследствие влияния формы конструкции.

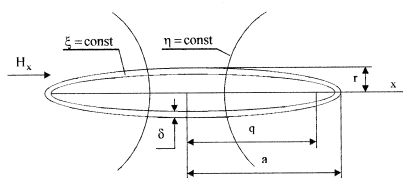


Рис. 1. Расчетная схема софокусной эллипсоидальной оболочки вращения

Решение этой задачи возможно с помощью непосредственных измерений намагниченности судна или его магнитной модели в процессе размагничивания [2]. Однако такие измерения требуют больших материальных затрат и не всегда могут быть осуществлены. Поэтому весьма актуальна разработка метода теоретического расчета магнитного гистерезиса судна по данным эксперименталь-

ных исследований намагниченности материала корпуса судна, так как в этом случае не требуется изготовление его магнитной модели.

Расчет магнитного гистерезиса ферромагнитного корпуса судна значительно упрощается при наличии расчетной модели магнитного гистерезиса материала. В качестве такой модели могут быть использованы диаграммы Преайзаха, с помощью которых намагниченность J_r определяется как интеграл функции плотности занятой площади $b(h_{кр}, h_{см})$ по площади s , ограниченной фронтами перемагничивания и осями координат:

$$J_r = \iint_s b(h_{кр}, h_{см}) ds, \quad (1)$$

где $h_{кр}$ и $h_{см}$ — критическое поле и поле смещения, откладываемые по осям координат диаграммы Преайзаха [3].

Поскольку традиционная методика определения функции $b(h_{кр}, h_{см})$ требует выполнения большого объема измерений малых приращений намагниченности материала при дискретных изменениях начальной амплитуды знакопеременного затухающего МП, была разработана новая методика. В ее основе лежит предположение, что функция $b(h_{кр}, h_{см})$ может быть представлена в виде произведения двух функций f_1 и f_2 , каждая из которых зависит только от одной переменной.

При такой постановке задачи функция $f_1(h_{кр})$ является производной по начальной амплитуде знакопеременного затухающего поля от

функции намагничивания материала переменным полем в малом постоянном поле, отнесенной к величине этого поля:

$$f_1(h_{кр}) = (1/H)(\partial/\partial H_0)J_r(H_0),$$

где H — малое постоянное магнитное поле; H_0 — начальная амплитуда знакопеременного затухающего поля; $J_r(H_0)$ — функция намагничивания материала переменным магнитным полем с начальной амплитудой H_0 при $H = \text{const}$.

Функция $f_2(h_{см})$ есть отношение дифференциальной магнитной проницаемости по кривой безгистерезисной остаточной намагниченности материала $\mu_{\text{диф.б.г.}}$ к величине этой проницаемости в слабом магнитном поле $\mu_{\text{Одиф.б.г.}}$:

$$f_2(h_{см}) = \frac{\mu_{\text{диф.б.г.}}}{\mu_{\text{Одиф.б.г.}}} = \frac{(\partial/\partial H)J_{г.б.г.}}{(\partial/\partial H)J_{г.об.г.}},$$

где $J_{г.б.г.}$ — остаточная намагниченность материала по безгистерезисной кривой; $J_{г.об.г.}$ — то же в слабом магнитном поле.

Такое представление функции плотности занятости $b(h_{кр}, h_{см})$ позволяет определять зависимости изменения остаточной намагниченности материала J_r и общей намагниченности J от величины внешнего МП H , сводя двойной интеграл функции плотности занятости $b(h_{кр}, h_{см})$ в выражении (1) к повторному.

Рассмотрим теперь процесс намагничивания тела. Для однородно намагниченных сплошных тел по произвольному направлению, например вдоль оси x , величина внутреннего МП (a именно это поле намагничивает конструкцию) может быть определена по известному соотношению

$$H_{вн.х} = H_x - N_x J_x, \quad (2)$$

где $H_{вн.х}$ — внутреннее МП в направлении оси x ; H_x — намагничивающее МП в направлении оси x ; N_x — коэффициент размагничивания в направлении оси x ; J_x — намагниченность в направлении оси x .

Ферромагнитные конструкции произвольной формы намагничиваются неоднородно. Тем не менее в практике магнитных измерений коэффициент размагничивания также используется применительно к телам с большим относительным удлинением,

для которых большая часть объема вдоль наибольшей оси (оси x) намагничивается однородно [4]. При этом рассматривается среднее по объему тела значение внутреннего магнитного поля $H_{вн.х}^{ср}$.

Поскольку корпус судна наиболее точно можно аппроксимировать вытянутой эллипсоидальной оболочкой, то легко определить коэффициент размагничивания N_x вытянутой вдоль оси x эллипсоидальной оболочки вращения (рис. 1). Воспользовавшись выражением (2) и соотношением, связывающим величины J_x и $H_{вн.х}$, получаем выражение для коэффициента размагничивания N_x эллипсоидальной оболочки вращения вдоль наибольшей оси x в виде

$$N_x = \frac{1}{\mu - 1} \left[\frac{H_x}{H_{вн.х}} - 1 \right],$$

где μ — относительная магнитная проницаемость материала оболочки.

Не известную в этом выражении величину $H_{вн.х}$ найдем из решения соответствующей краевой задачи о намагничивании вытянутой вдоль оси x эллипсоидальной оболочки во внешнем магнитном поле H_x , действующем вдоль этой же оси. Воспользовавшись для ее решения методом скалярного потенциала ψ и приближенными граничными условиями [5] и принимая в качестве величины $H_{вн.х}$ ее среднее значение по объему, получаем выражение для коэффициента размагничивания N_x в виде

$$N_x = 2(\delta/r)FN_x^{эп},$$

где δ — толщина оболочки в миделевом сечении; r — малая полуось эллипсоидальной оболочки; F — нормирующий множитель; $N_x^{эп}$ — коэффициент размагничивания сплошного эллипсоида вращения с полуосями a и r (см. рис. 1).

Нормирующий множитель F имеет вид

$$F = \xi_1^2 + \frac{1 - \xi_1^2}{2\xi_1} \ln \frac{\xi_1 + 1}{\xi_1 - 1}$$

(где $\xi_1 = a/q = a/\sqrt{a^2 - r^2}$) и характеризует отличие среднего значения МП $H_{вн.х}^{ср}$ от значения $H_{вн.х}$ в миделевом сечении ($\eta = 0$).

Выполнив анализ распределения нормирующего множителя F от

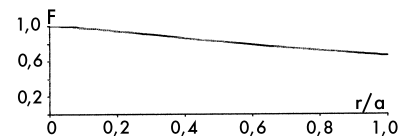


Рис. 2. Зависимость нормирующего множителя F от соотношения r/a

соотношения r/a (рис. 2), можно сделать вывод, что при $r/a < 0,18$ значение нормирующего множителя F отличается от 1 не более чем на 5%. Последнее означает, что для вытянутых сфероидальных оболочек с указанными выше значениями r/a величина внутреннего МП $H_{вн.х}$ может быть принята постоянной и равной значению составляющей при $\eta = 0$, что соответствует $F = 1$.

Получив выражение для коэффициента размагничивания N_x эллипсоидальной оболочки, уже нетрудно с помощью соотношения (1) рассчитать величину $H_{вн.х}$ и намагниченность оболочки J .

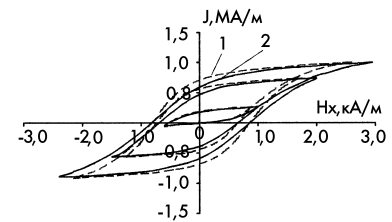


Рис. 3. Магнитный гистерезис материала — стали АК-32 (1) и эллипсоидальной оболочки вращения из этого материала (2)

В качестве примера приведем результаты расчета магнитного гистерезиса эллипсоидальной оболочки вращения из стали марки АК-32 со следующими параметрами: $r/a = 0,1$ и $\delta/r = 0,0125$. Расчет проводился для случая воздействия внешнего знакопеременного МП с амплитудами, соответственно равными 3000 А/м, -2500 А/м, 2000 А/м, -1500 А/м, 1000 А/м и -600 А/м. Построение приведенных на рис. 3 зависимостей производилось следующим образом. С использованием диаграммы Прея-Заха рассчитывалась основная кривая намагничивания материала (кривая 1). С помощью найденной кривой и соотношения (2) методом итерации строилась кривая изменения намагниченности оболочки (кривая 2) до значения амплитуды первого импульса внешнего МП H_x , равного 3000 А/м. После этого находилась величина внутреннего МП $H_{вн.х}$ в ма-

териале оболочки, соответствующего амплитуде внешнего поля H_x , равной 3000 А/м. Далее на основной кривой намагничивания материала определялась точка, соответствующая внутреннему полю $H_{вн.х}$ и по диаграмме Преайзаха рассчитывалась ниспадающая кривая изменения намагниченности материала при изменении амплитуды МП H_x от 3000 А/м до -2500 А/м (см. рис. 3). С помощью найденной ниспадающей кривой и соотношения (2) методом ите-

рации строилась ниспадающая кривая изменения намагниченности оболочки $J_{об}$ (см. продолжение кривой 2 на рис. 3). Далее построение кривых производится аналогичным образом.

Таким образом, разработанный метод дает возможность расчета гистерезиса вытянутых ферромагнитных тел, в том числе корпусов судов.

Литература

1. Ведяев А. В., Лисовский Ф. В. Физика магнетизма и магнитные материалы. Терминология. М.: Наука, 1990.

2. Моделирование полупостоянного магнетизма морских подводных объектов/ В. С. Яковлев, А. П. Новожилов, Е. И. Якушенко, Е. А. Сезонов//Судостроение. 1997. № 5.
3. Preisach F. On magnetic lag//Zeit fur Physik. 1935. В. 94.
4. Антонов В. Т., Васильева И. Т. Определение магнитных характеристик конструкционных сталей в разомкнутой магнитной цепи//Применение методов магнитодинамики и магнитной девиации при постройке и эксплуатации судов. Л.: Судпромгиз, 1978.
5. Цейтлин Л. А. Об определении магнитных и электрических полей слоев и оболочек//ЖТФ. 1958. Т. XXVIII. Вып. 6.

ЗАРУБЕЖНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Сингапурский концерн Keppel Corp Ltd планирует расширить свое присутствие в Европе. Его дочерняя фирма Keppel FELS, специализирующаяся на постройке плавучих буровых платформ, заключила соглашение о приобретении за 18 млн дол. 85% акций голландской верфи Verolme Botlek, занимающейся, в частности, созданием средств освоения шельфа и судоремонтом. Keppel уже контролирует 14 верфей в США, Бразилии, Азербайджане, Филиппинах, ОАЭ и Сингапуре.

Три японские компании — IHI, Kawasaki и Mitsui — приступили к совместному проектированию крупнейшего контейнеровоза, вмещающего 10 000 стандартных контейнеров (TEU). Такая кооперация направлена, прежде всего, на снижение расходов и повышение конкурентоспособности по отношению к Южной Корее и Китаю. Планируется совместно разрабатывать и другие проекты судов (New Ships. 2002).

Стратегическим направлением развития системы FORAN является обмен геометрической и технологической информацией с другими системами. В связи с этим испанская фирма SENER Ingenieria y Sistemas SA, разработчик и поставщик CAD/CAM/CAE системы FORAN, принимает участие в разрабатываемом в США проекте «Evolution of STEP» (STEP — Standard for the Exchange of Product model data), имеющем своей целью разработку Интегрированной судостроительной среды (Integrated Shipbuilding Environment — ISE) в рамках национальной программы NSRP ASE (National Shipbuilding Research Program — Advance Shipbuilding Enterprise). Этот трехгодичный проект направлен на создание стандартов описания данных о модели для судостроительной промышленности и внедрение трансляторов, поддерживающих обмен данными. В результате будет облегчен обмен информацией, генерируемой различными программным обеспечением, используемым проектными бюро, класси-

фикационными обществами, верфями. В первую очередь, трансляторами должна быть обеспечена система FORAN в части, касающейся поверхности корпуса, конструкции, систем трубопроводов. Под руководством Американского бюро судоходства над проектом работают специалисты таких компаний, как Electric Boat Corporation, National Steel and Shipbuilding Company, Northrop Grumman Ingalls Shipbuilding, Kvaerner Philadelphia, Naval Surface Warfare Center и поставщики используемого ими и другими верфями программного обеспечения — Intergraph, Step Tools, Atlantec, SENER. В качестве тестового объекта выбран 36-метровый катер-торпедолов ([http:// ships.npo.org](http://ships.npo.org)). Презентация промежуточных результатов второго года работы над проектом состоялась в апреле 2002 г. на верфи в Гротоне с демонстрацией возможностей совместной работы различных программных средств, используемых при создании корабля (Foran News. 2002. May. No 10).

Статистические данные Lloyd's Register of Shipping-Fairplay Ltd по ведущим судостроительным странам, 2002 г., март

Страна	Сдано в I квартале		Заказано в I квартале		Портфель заказов на 31 марта 2002 г.			Изменения по сравнению с IV кварталом 2001 г.	
	N	крт	N	крт	N	рт	крт	N	крт
1. Южная Корея [1]	63	1 768 645	23	679 930	457	27 971 662	14 901 828	- 40	- 1 094 229
2. Япония [2]	121	2 056 172	69	981 805	426	18 381 218	10 005 031	- 51	- 1 090 992
3. Китай [3]	21	123 310	44	353 973	349	7 501 308	4 872 743	+ 9	+ 106 996
4. Италия [4]	5	191 896	2	36 900	66	2 077 246	2 195 634	- 4	- 162 164
5. Польша [6]	7	110 300	5	71 249	113	2 444 585	1 940 664	- 12	- 75 742
6. Германия [5]	14	259 163	4	40 664	85	1 815 790	1 770 300	- 12	- 247 885
7. Хорватия [7]	3	48 219	0	0	51	1 534 966	1 063 094	+ 0	- 897
8. Испания [9]	22	102 941	47	159 920	117	870 719	917 961	+ 18	+ 34 172
9. Румыния [8]	7	51 313	12	61 184	108	854 927	906 750	+ 4	+ 10 268
10. Франция [10]	2	76 290	1	49 700	15	643 299	818 450	- 5	- 44 442
11. Нидерланды [11]	16	98 931	17	75 878	185	521 264	775 155	- 6	- 48 952
12. Финляндия [12]	0	0	0	0	10	614 252	761 765	0	0
13. США [13]	10	28 289	12	44 973	53	935 839	575 733	- 4	- 184 532
14. о. Тайвань [15]	6	52 448	3	4 450	27	810 372	496 684	- 7	- 53 998
15. Дания [14]	4	104 053	0	0	14	707 980	485 792	- 4	- 104 053
16. Россия [16]	1	4 000	2	19 887	76	346 003	465 807	- 2	- 6 069
17. Турция [19]	1	6 300	18	115 030	72	312 496	432 532	+ 15	+ 93 762
18. Украина [18]	1	5 650	1	8 978	31	444 361	383 084	+ 1	+ 11 583
19. Сингапур [17]	11	38 446	6	18 352	44	258 141	323 266	- 12	- 67 094
20. Норвегия [20]	2	10 194	7	24 590	29	140 127	207 219	+ 1	- 12 407
...
Всего:	340	5 282 327	335	2 946 568	2 616	70 261 052	45 646 429	- 79	- 2 924 757

Примечание: N — количество судов; крт — компенсированная регистровая тонна; рт — регистровая тонна. Более подробные данные — см. Schip en Wert de Zee. 2002. Juli/Augustus. P. 18, 19.

СИСТЕМА ПЛАНОВО-УЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ СУДОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВОМ

А. В. Липис, В. А. Рыжов, В. А. Сизов (Институт информационных технологий СПбГМТУ)

УДК 658.012:629.5

В основе управления любым процессом, в том числе производственным, лежит принцип разделения большой работы на несколько мелких. Одна из главных функций управления — это планирование сроков проведения и отслеживание факта выполнения работ. Такие работы называются планово-учетными единицами (ПУЕ). Они могут иметь различные назначение и объем, быть связаны друг с другом технологической последовательностью и иерархической структурой.

Использование вычислительной техники при планировании и управлении производством значительно расширяет возможности работы с ПУЕ по сравнению с «ручным» планированием, но одновременно накладывает определенные ограничения, которых при «ручной» работе не было.

Попытки применения средств вычислительной техники в сфере планирования и управления производством начались практически с момента появления ЭВМ. За прошедшие почти 50 лет появились многочисленные теоретические разработки и создано немало практических решений. Известны различные технические решения для автоматизированного формирования ПУЕ, основанные на обработке спецификаций и иерархии сборочных единиц судна [1, 2].

При внедрении на предприятии той или иной информационной системы, хоть в какой-то степени затрагивающей вопросы планирования и управления, возникает проблема несоответствия существующих видов ПУЕ тем методам, которые предлагаются в системе.

Систему ПУЕ судостроительного предприятия условно можно разделить на две части — работы верфи и работы машиностроения. Как правило, основная ПУЕ машиностроения — типовой технологический набор (ТН). Это самостоятельная единица планово-учетной документации, полностью описывающая маршрут изготовления изделия на межцеховом уровне и содержащая спецификацию материалов и комплектующих, необходимых для его изготовления. В состав этого изделия могут входить другие изделия, на которые тоже выпускаются ТН. По ТН ведется планирование и управление машиностроительным производством судостроительного завода. Для того или иного цеха ТН является основой для выпуска более детализированной планово-учетной до-

кументации цехового уровня, составляющей вместе с ТН строгую и однозначную иерархию. Таким образом, ТН всегда жестко связан с изделием — объектом работы.

В процессе постройки судна работы верфи носят определяющий характер, так как они составляют большую часть общего объема, и по ним определяются сроки выполнения ТН.

Основная ПУЕ работ верфи — технологический комплект — как правило, работа, выполняемая по одному заказу, одним цехом, в пределах одного месяца по одному виду работ. Количество технологических комплектов на судно может составлять несколько десятков тысяч. Они должны быть последовательно взаимосвязаны, хотя на практике это делается не всегда из-за большого количества ПУЕ.

Для внутрицехового управления, а чаще всего для удобства отчета, технологические комплекты разбиваются на бригадокомплекты.

В связи с большим количеством технологических комплектов на судно, планирование и управление производством с их помощью — задача сложная даже при использовании вычислительной техники. Поэтому на многих предприятиях планирование значительной части работ верфи производится по валовым показателям: для цеха планируются значения трудоемкости по видам работ и только небольшая часть работ — в технологических комплектах. Отчет о выполнении работ полностью производится по технологическим комплектам, т. е. цех сам подбирает под запланированную трудоемкость выполненные за месяц техкомплекты для строящегося судна.

В последнее десятилетие многие судостроительные предприятия пытаются перейти к 100%-му номенклатурному планированию работ верфи [3] с помощью сетевого планирования и управления (СПУ) — своеобразное возрождение кампании по всеобщему внедрению методов СПУ СССР в 60-х годах. В настоящее время эта задача может быть решена на качественно новом уровне благодаря более совершенной вычислительной технике, системам управления базами данных и специальному программному обеспечению — системам управления проектами.

Событие (работу) сетевого графика также можно считать планово-учетной единицей,

Уровни управления строительством заказа		
Уровень	Ответственный за управление	Средства управления
Стратегический	Высшее руководство предприятия	Степень продвижения заказа за период, платежи по заказу
Оперативный	Отдел строителей, службы главного инженера, производственно-диспетчерский отдел	Технологические подэтапы, работы сетевого графика, удостоверения
Тактический	То же, плюс администрация цехов, планово-распределительные бюро цехов, начальники участков, мастера	Технологические комплекты, технолого-нормировочные карты, технологические наряды, типовые технологические наряды, рабочие наряды

но на более высоком оперативном (стратегическом) уровне по отношению к технологическому комплекту. На более высоком уровне могут использоваться различные виды объектов управления — технологический подэтап, платеж, построение удостоверения, которые также можно считать ПУЕ. Уровни управления строительством судна и ПУЕ, которые можно поставить им в соответствие, приведены в таблице.

Можно выделить следующие недостатки существующей системы ПУЕ работ верфи:

1. Плановые задания для цехов выдаются в основном в валовых показателях и только для относительно небольшого объема работ по номенклатуре, в перечне номеров технологических комплектов;

2. Отсутствуют строго определенные виды ПУЕ среднего и высшего уровней управления;

3. Нет однозначной иерархии между ПУЕ различных уровней — как правило, неизвестно, какие технологические комплекты входят в работу сетевого графика;

4. Присутствует множественная иерархия ПУЕ на нижнем уровне управления. Технологический комплект делится на бригадокомплекты, но для нормирования создают еще одну разбивку на работы, соответствующие принятой методике нормирования. Поэтому параллельно с бригадокомплектами возникает еще одна иерархия. В соответствии с одной отчитываются о выполнении работ, согласно другой — рассчитывают заработную плату. Кроме того, существуют специальные перечни работ, принимаемых классификационным обществом, представителями заказчика, контрагентами, которые в общем случае не соответствуют ни разбивке на технологические комплекты, ни на бригадо-

комплекты. Таким образом, установление факта выполнения ПУЕ — творческий процесс с обязательным участием человека;

5. Очень часто нет жесткой связи между объектом работ и самой работой или объект работ недостаточно четко определен;

6. Существует возможность изменения (естественно, в большую сторону) трудоемкости работ путем создания дополнительных ПУЕ, например, в добавление к технологическому комплекту выпускается технологический наряд.

Существующая система ПУЕ верфи не дает возможности полноценно управлять производственным процессом и позволяет необоснованно увеличивать трудоемкость работ. Кроме того, невозможно получать достоверную информацию о продвижении работ в любой момент времени.

Упомянутая система управления проектами также не может принципиально изменить ситуации. Основной объект управления таких систем — работа (событие) сетевого графика, т. е. для информационного обеспечения процесса управления необходимо внесение всех работ, которые предполагается контролировать. Естественно, современные системы управления проектами обладают функциональностью, достаточной для автоматизации такой задачи, но с объектом работ — спецификацией изделия — работа сетевого графика не связана напрямую. В любом случае спецификации по проекту будут храниться в банках данных САПР или в базе данных систем технологической подготовки производства. Такой разрыв затруднит функционирование всего комплекса автоматизированных систем, так как необходимо поддерживать соответ-

ствие между одинаковыми данными в разных системах. Таким образом, очевидна необходимость изменения системы ПУЕ верфи.

Зарубежный опыт управления, сконцентрированный в системах управления предприятием ERP¹-класса, демонстрирует несколько иной подход к ПУЕ, где в качестве ПУЕ может быть использован не только некоторый объем работ, но и объект, по которому производятся эти работы.

Рассмотрим пример системы управления предприятием ERP-класса Manufacturing Knowledge (МК) [4]. Обобщенное понятие «изделие» в системе — любой материал, комплектующий элемент, деталь, сборочная единица, помещение, секция корпуса, блок, судно в целом — можно определить как изделие, имеющее спецификацию с неограниченным количеством уровней. Каждое изделие имеет технологическую карту (маршрут) — совокупность операций, которые с ним надо произвести. Кроме того, в МК есть возможность построения сетевых графиков постройки заказа. Каждая из работ сетевого графика связана с одним или несколькими изделиями.

Любое изделие может быть использовано как ПУЕ — его состояние и местонахождение на предприятии. Система позволяет контролировать проходимость работ по изделию. Учитывая, что спецификация может иметь неограниченную иерархию, можно обеспечить ПУЕ любой уровень управления. Таким образом, используя дерево спецификаций с работами сетевого графика и технологическими операциями, можно создать гибкую систему ПУЕ, учитывающую специфику и традиции предприятия и свободную от существующих недостатков.

Можно сформулировать следующие принципы построения системы ПУЕ в условиях применения вычислительной техники для планирования и управления производством судостроительного предприятия:

обеспечение достаточного количества уровней управления;

однозначная и обязательная иерархия: каждая ПУЕ входит не более чем в одну вышестоящую планоучетную единицу;

связи ПУЕ по горизонтали отражают технологическую последова-

¹ERP — Enterprise Requirement Planning — планирование потребностей предприятия — методика планирования и управления предприятием.

тельность их выполнения в пределах множества ПУЕ, входящих в одну вышестоящую;

отметка о выполнении «вручную» может производиться только для ПУЕ, стоящей на самом нижнем уровне иерархии;

система управления должна обеспечивать автоматическую отметку о выполнении ПУЕ при выполнении всех нижестоящих единиц.

Таким образом, целесообразно проводить изменение системы ПУЕ в процессе внедрения той или иной системы управления предприятием.

Литература

1. Метельский Н. В., Черевко А. В. Формирование ведомостей технологических комплектов на ЭВМ // Технология судостроения. 1990. № 2.
2. Грига С. В., Сизов В. А. Создание автоматизированной системы технологической подготовки производства верфи на ГП «Адмиралтейские верфи» // НТО им. акад. А. Н. Крыло-

ва. Материалы по обмену опытом. 1995. Вып. № 24.

3. Модель функционирования автоматизированной системы технологической подготовки верфи на основе сети персональных компьютеров типа IBM PC/В. А. Кечашин, В. А. Сизов, А. Ф. Федерату, А. В. Черевко // Технология судостроения. 1990. № 2.
4. Липис А. В., Рыжков В. А. Сизов В. А. Применение производственных модулей корпоративной информационной системы управления предприятием МК-Manufacturing в судостроении // Материалы научно-практич. конф. «Информационные технологии в судостроении-2001». СПб.: ОАО «Северная верфь», 2001.

КОНФЕРЕНЦИИ СУДОСТРОИТЕЛЕЙ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

8—10 октября в ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова состоялась третья международная конференция по судостроению — ISC'2002. Первая такая конференция проведена в 1994 г. и была посвящена 100-летию ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова; вторая — в 1998 г., в год 200-летия учреждения в России регулярного кораблестроительного образования; третья посвящена предстоящему 300-летию морской столицы России — Санкт-Петербургу.

Работа конференции была организована в пяти секциях: развитие морских транспортных систем, проектирование и постройка перспективных судов и морских сооружений, оптимизация проектирования и менеджмент, безопасность и спасение на море; ходкость, мореходность, управляемость и проблемы взаимодействия со льдом судов и средств освоения; океана, живучесть морских сооружений; прочность, надежность и ресурс корпусов судов и морских сооружений; судовая энергетика и комплексные управляющие системы технических средств судов, виброакустика, динамическая прочность и надежность судовых машин и механизмов; физические поля судов и океана, экологические проблемы и обитаемость судов.

В конференции участвовало около 400 чел., в том числе специалисты из почти двух десятков зарубежных стран. Из числа заявленных докладов техническим комитетом конференции было отобрано для включения в программу конференции около 180. Полные тексты докладов или их тезисы опубликованы в «Трудах ISC'2002».

10 октября в рамках конгресса «Экспортное и импортозамещающее производства к 300-летию Санкт-Петербурга» в ЦНИИТС состоялась секция-конференция № 5 «Кораблестроение и судостроение». Представители ведущих судостроительных предприятий и организаций выступили с докладами, освещающими важнейшие проблемы отрасли. Среди обсуждавшихся тем — «Актуальные задачи повышения эффективности деятельности судостроительного предприятия в современных условиях» («Адмиралтейские верфи»), «Состояние и тенденции развития отечественного судового машиностроения» («Пролетарский завод»/ЦНИИМС), «Подводные лодки XXI века» (ЦКБ МТ «Рубин»), «Наукоемкое судостроение в Санкт-Петербур-

бурге» («Балтийский завод»), «Перспективы развития военного кораблестроения России: экспорт и государственный заказ» (ЦНИИ МО РФ), «Приоритетные направления развития судостроительных технологий» (ЦНИИТС), «Опыт создания и освоения комплексной информационной системы как базы управления производством на основе взаимодействия с ЦКБ «Вымпел» при строительстве судов пр. 01010» (СЗ «Северная верфь»), «Проектные аспекты создания и направления развития малых и среднетоннажных боевых кораблей и катеров» (ЦМКБ «Алмаз»).

ЦНИИ им. академика А. Н. Крылова представил доклад об актуальных аспектах внедрения CALS-технологий в судостроении; ПО «Севмаш» — о проблемах реструктуризации предприятия в условиях сокращения госзаказа; ЦНИИ КМ «Прометей» — о материаловедческих аспектах совершенствования стали для корпусов корабельных АЭУ; ВМА им. Н. Г. Кузнецова — о вкладе ученых и выпускников академии в отечественное кораблестроение. Кроме того, в порядке обмена опытом представитель Research Center of German Shipbuilding (Гамбург) рассказал участникам конференции о результатах внедрения на верфи Meyer Werft лазерной сварки и других эффективных технологий. Доклады планируются опубликовать в «Вестнике технологии судостроения», который издает ЦНИИТС.

Придавая большое значение участию молодых специалистов в научно-производственной деятельности, 23—24 октября Государственный научный центр Российской Федерации ФГУП ЦНИИТС провел конференцию молодых специалистов.

Вот темы только некоторых докладов:

«Информационное сопровождение жизненного цикла сложного технического изделия с использованием системы управления данными проекта (RDM)»,

«Опыт применения CAD/CAM CATIA V5 для задач проектирования судовых конструкций»,

«Применение СУДБ Access 2000 для решения управленческих задач»,

«Система автоматизации технологических процессов на базе программного комплекса «Автопроект»».

По итогам конференции лучшие доклады будут опубликованы в «Вестнике технологии судостроения». □

РАЗРАБОТКА МЕТОДИК ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОБЪЕКТОВ СУДОСТРОЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТРЕХМЕРНЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Л. П. Гаврилюк, докт. техн. наук (ФГУП ЦНИИТС)

УДК 681.783.23/.25:53.082.5:629.5

В настоящее время при контроле геометрических параметров объектов судостроения широкое применение получили трехмерные средства измерения на основе электронных теодолитов, тахеометров с лазерными светодальномерами и других геодезических приборов, работающих на новых физических принципах [1].

Трехмерные измерительные системы (ТИС) не являются системами прямого измерения, так как с их помощью измеряются модули векторов точек и углы между векторами и осями координат путем определения каких-либо физических параметров, функционально связанных с ними.

Определение геометрических параметров объектов с использованием ТИС связано с разработкой процедуры измерений — методики, задающей систему контрольных точек и баз объекта, порядок установки ТИС, определенные ограничения или методы компенсации влияния на точность измерений производственных факторов, а также математическую модель обработки и представления результатов измерения.

Методики выполнения измерений (МВИ) должны отвечать требованиям международных стандартов (ИСО). Качество измерительных средств определяется требованиями ИСО 10012-1-92: погрешность измерения не более 1/3 (предпочтительно 1/10) от допуска на изготовление объекта; наличие проверочного эталона; периодичность поверки.

Метрологические характеристики современных отечественных ТИС соответствуют требованиям ИСО [1], однако их аттестуют на измерительных полигонах государственной или ведомственной системы ГСИ 8.000 по стандартизированным МВИ, определяющим объекты измерения и условия базирования.

Объекты и условия измерения в судостроении отличаются от стандартных, а потому ТИС могут иметь ошибки, существенно большие, чем при аттестации.

В судостроении на работу ТИС оказывают влияние следующие факторы: сложность размещения и базирования ТИС в судовых помещениях; упругий характер основания, вызывающий малые угловые перемещения ТИС, установленного на конструкциях судна, в процессе измерений; наклонный характер основания при работе на наклонном стапеле; качающееся основание при работе на плаву; изменение температу-

ры воздуха; запыленность и наличие газов, выделяющихся при резке и сварке металлов; наличие градиента температур и потоков воздуха от естественной и принудительной вентиляции; промышленная вибрация и сотрясения объектов измерения и оснований; шум от работы рубочного, газорезательного, сварочного и механического оборудования, вентиляторов; постоянные и переменные магнитные поля и электромагнитные излучения.

Влияние внешних факторов может быть существенно уменьшено или исключено за счет специальных технологических ограничений в зоне измерений. Введение этих ограничений требует определенных затрат, которые должны быть учтены при выборе средств и методов измерений.

Первые пять факторов влияют на ошибки базирования, а в их составе — на ошибку взаимного расположения координатных систем объекта измерения и измерительного средства.

Для однокоординатных измерений последняя ошибка определяется степенью соблюдения принципа Аббе (параллельность измерительного средства измеряемому размеру)

$$\Delta_{\alpha} = l(1 - \cos\alpha) \approx l\alpha^2/2,$$

где Δ_{α} — ошибка измерения линейного размера, обусловленная несоблюдением принципа Аббе; l — измеряемый размер; α — угол между измерительным средством и измеряемым размером.

Если принять, что ошибка Δ_{α} согласно общему правилу соотношения ошибок равна 1/3 от результирующей ошибки измерения или 1/9 от допуска на размер, то несложно установить требования к параллельности измерительного средства и измеряемого размера. Так, в случае, если допуск на размер 10 000 мм составляет 1 мм, необходимо обеспечить угол α не более 16'.

Аналогично при измерении плоских углов необходимо обеспечить параллельность плоскостей измеряемого угла и измерительного средства из условия

$$\delta_{\alpha} \approx \theta\alpha^2/2,$$

где δ_{α} — ошибка измерения угла, обусловленная несоблюдением принципа Аббе; θ — измеряемый угол.

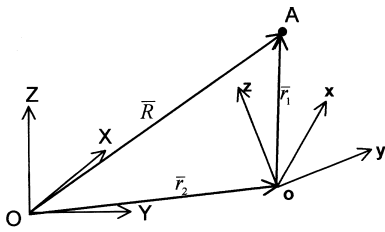


Рис. 1. Схема связи координатных систем объекта и измерительного средства

При трехмерных измерениях первичная информация о координатах контролируемой точки объекта выдается в своей системе координат. Проектной документацией задаются координаты этой точки в системе координат объекта. Если эти системы не совпадают, требуется пересчет результатов измерения. Рассмотрим этот вопрос подробнее.

Вектор \bar{R} точки A объекта (рис. 1) в системе координат XYZ измерительного средства определяется его модулем R и углами α, β, γ между вектором \bar{R} и осями X, Y и Z.

Вектор \bar{r}_2 точки o начала координат объекта хуз в системе координат XYZ измерительного средства определяется модулем r_2 этого вектора и углами $\alpha_2, \beta_2, \gamma_2$ между вектором \bar{r}_2 и осями X, Y и Z.

Вектор \bar{r}_1 точки A в системе координат объекта хуз определяется его модулем r_1 и углами $\alpha_1, \beta_1, \gamma_1$ между вектором и осями x, y и z.

В системе координат измерительного средства вектор \bar{r}_1 определяется модулем r_1 и углами $\alpha_*, \beta_*, \gamma_*$ между вектором \bar{r}_1 и осями X, Y и Z.

Параметры R, α, β, γ точки A определяются трехмерным измерительным средством. В случае физического задания точки o измерительным средством могут быть определены ее параметры $r_2, \alpha_2, \beta_2, \gamma_2$. Параметры $r_1, \alpha_*, \beta_*, \gamma_*$ вектора \bar{r}_1 в измерительной системе XYZ рассчитываются по формулам

$$\left. \begin{aligned} r_1 &= (R\cos\alpha - r_2\cos\alpha_2)^2 + \\ &+ (R\cos\beta - r_2\cos\beta_2)^2 + (R\cos\gamma - r_2\cos\gamma_2)^2)^{1/2}; \\ \cos\alpha_* &= (R\cos\alpha - r_2\cos\alpha_2)/r_1, \\ \cos\beta_* &= (R\cos\beta - r_2\cos\beta_2)/r_1, \\ \cos\gamma_* &= (R\cos\gamma - r_2\cos\gamma_2)/r_1. \end{aligned} \right\} (1)$$

Для определения координат вектора \bar{r}_1 в системе хуз объекта необходимо, кроме модуля r_1 , знать углы

$\alpha_1, \beta_1, \gamma_1$. Эти углы могут быть определены матрицами косинусов

$$C_* = C_1 \cdot C_{XYZ}^{xyz} \quad (2)$$

где C_* — матрица косинусов углов $\alpha_*, \beta_*, \gamma_*$; C_1 — матрица косинусов углов $\alpha_1, \beta_1, \gamma_1$; C_{XYZ}^{xyz} — матрица поворотов координатной системы хуз в положение XYZ.

Для решения системы необходимо предварительно определить девять углов, координирующих положение осей x, y, z относительно осей X, Y и Z. Таким образом, пересчет измеренных данных из системы координат измерительного средства (ИСК) в систему координат объекта (ОСК) весьма сложен. Наиболее просто эта задача решается, если при базировании измерительного средства относительно объекта ИСК и ОСК совпадают. Но совместить их начала координат практически невозможно.

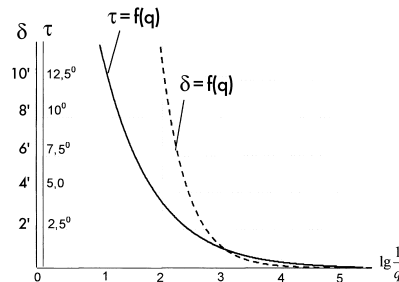


Рис. 2. Зависимость допустимых ошибок и поправок согласования координатных систем измерительного средства и объекта от относительной точности размера:

δ — допустимые ошибки согласования координатных систем; τ — допустимые поправки согласования координатных систем; q — относительная точность размера

Обеспечение параллельности осей хуз и XYZ является более простой технологической задачей, при этом: $\alpha_1 = \alpha_*, \beta_1 = \beta_*, \gamma_1 = \gamma_*$.

Параллельность двух координатных систем может быть достигнута последовательными поворотами одной из систем вокруг трех осей. В случае, когда углы поворотов малы, матрица поворотов приобретает простую форму, не зависящую от порядка выполнения составляющих поворотов

$$C_{XYZ}^{xyz} = \begin{vmatrix} 1 & \varphi & -\psi \\ -\varphi & 1 & \theta \\ \psi & -\theta & 1 \end{vmatrix} \quad (3)$$

При этом составляющие углы поворота системы хуз: φ — по курсу, ψ — по дифференту и θ — по крену, выполняются относительно осей, почти перпендикулярных друг другу. Проекции этих углов на координатные плоскости OXY, OXZ и OYZ с точностью до второго порядка малости равны самим этим углам и могут рассматриваться как независимые ошибки рассогласования координатных систем хуз и XYZ. Выражение (2) в матричном виде будет следующим:

$$\begin{vmatrix} \cos\alpha_* \\ \cos\beta_* \\ \cos\gamma_* \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \cos\alpha_1 \\ \cos\beta_1 \\ \cos\gamma_1 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} 1 & \varphi & -\psi \\ -\varphi & 1 & \theta \\ \psi & -\theta & 1 \end{vmatrix} \quad (4)$$

При информации об углах φ, ψ, θ углы $\alpha_1, \beta_1, \gamma_1$ могут быть определены с точностью до второго порядка малости: $\theta^2/2; \psi^2/2$ и $\varphi^2/2$. В случае, когда углы φ, ψ, θ неизвестны, погрешности от принятия проекций точки A в ИСК за погрешности проекций этой точки в ОСК определяются этими углами.

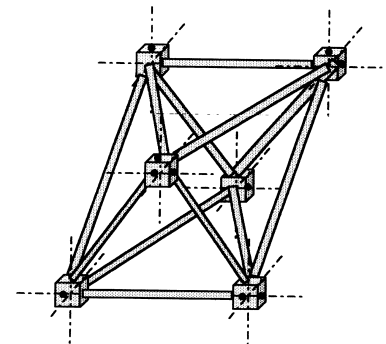


Рис. 3. Схема тест-объекта

Обозначим отношение допуска на размер к величине размера (относительную точность размера) — q . Принимая погрешность базирования в составе ошибок измерения доминирующей и уровень погрешности измерения 30% от значений q , можно дать математическое выражение выполнения принципа Аббе для трехмерных измерительных систем при определении проекций точки:

$$\text{если углы } \varphi, \psi, \theta \text{ не учитываются,} \\ \varphi < 0,3q; \psi < 0,3q; \theta < 0,3q; \quad (5)$$

$$\text{если углы } \varphi, \psi, \theta \text{ учитываются,} \\ \varphi < \sqrt{0,6q}; \psi < \sqrt{0,6q}; \theta < \sqrt{0,6q}. \quad (6)$$

При этом погрешности не превышают значений, определяемых выражением (5).

На рис. 2 представлены графики зависимостей допустимых ошибок и поправок согласования координатных систем измерительного средства и объекта от относительной точности размера при определении проекций точки А этого объекта.

В случае, если

$$r_2 \leq 0,3qr_1, \quad (7)$$

при пересчете проекций из одной системы в другую можно пренебречь несовпадением начала координат.

При измерениях проекций отрезков, т. е. расстояний между проекциями точек А и Б объекта, допустимо любое несовпадение начал систем координат, так как погрешности, обусловленные этой причиной, имеют систематический характер и исключаются при вычислении разницы проекций точек.

При определении расстояний между точками А и Б объекта безразлично и положение систем координат, так как модуль вектора инвариантен относительно систем координат. Рассогласование систем координат измерительного средства и объекта оказывает наибольшее влияние на угловые соотношения между проекциями отрезков. Принимая во внимание, что погрешность контролируемых угловых размеров при проведении большинства судовых проверочных работ не превышает 1 мм/м ($q \leq 10^{-3}$), точность согласования ИСК и ОСК должна быть порядка одной угловой минуты, что обеспечивается современными ТИС. Для работ на наклонных стапелях и на плаву в конструкцию ТИС необходимо вводить специальные площадки или разрабатывать специальные методики измерений с обязательным расчетом точности результатов измерений.

Другой проблемой базирования является физическая фиксация контрольных точек объекта и наведение измерительного средства на эти точки. Угловая погрешность наведения из условия малости в составе ошибок измерения не должна превышать 10% относительной точности q данного размера. Современные ТИС обеспечивают погрешность наведения на точку не более 2" (10^5), т. е. обеспечивают требования ИСО для разме-

Таблица 1

Ранжирование ТИС по показателям			
Показатели	Ранг ТИС на базе		
	электронно-оптических теодолитов	электронных тахеометров	лазерно-акустической аппаратуры
МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ			
Диапазон	2	3	1
Точность	3	1	2
УСТОЙЧИВОСТИ ПРОТИВ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕХ	3	3	1
ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ			
Измерительное поле	1	2	3
Массогабаритные характеристики	1	3	2
Быстродействие	1	2	3
Время развертывания аппаратуры	2	3	1
Массив одномоментно фиксируемых точек объекта	1	1	3
Необходимость нахождения оператора у контролируемой точки объекта	3	2	2
ЭКОНОМИЧЕСКИЕ			
Капитальные затраты	1	3	2
Оперативные затраты	1	3	2

ров с относительной точностью 10^{-4} (0,1 мм/м) для большинства судовых проверочных работ. При этом угловой размер контролируемой точки А объекта должен быть порядка 10"–30" (0,05–0,15 мм/м).

При установке измерительного средства на упругое основание, какими являются корпусные конструкции, следует иметь в виду возможное изменение положения измерительного средства относительно объекта в процессе измерений. Для исключения влияния упругого основания на результаты измерений необходимо выполнять обход контролируемых точек объекта в прямом и обратном направлениях. При этом разность результатов измерений не должна превышать в относительной мере 0,1 q , а процесс измерений следует производить в кратчайшее время. В каждом конкретном случае должен выполняться расчет точности.

В комплект некоторых трехмерных средств измерения включен линейный тест-объект в виде инварного жезла, длина которого известна с точностью до 0,01 мм. Этот жезл позволяет осуществлять контроль правильности определения размеров объекта. Однако для контроля проекций и стабильности положения измерительного средства необходимо иметь тест-объект с несколькими контрольными точками.

Для судовых проверочных работ предлагается пространственный тест-объект с контрольными точками при известных линейных и угловых координатах этих точек относительно друг друга (рис. 3). Одновременно он может быть использован в качестве базового элемента объекта и опорной базы при перестановках измерительного средства, например, в

Таблица 2

Условный удельный вес показателя для судовых проверочных работ	
Показатели	Удельный вес показателя
Метрологические	0,3
Устойчивости против производственных помех	0,1
Технологичности	0,2
Экономические	0,4
Итого	1,0

случае невозможности контроля геометрии объекта с одной установки.

Периодичность поверки трехмерных средств для определения их метрологических характеристик определяется в соответствии с требованиями нормативной технической документации [2–4]. Поверка производится также в случае стабильных расхождений результатов обмеров тест-объекта с данными его периодической аттестации.

Как указывалось выше, метрологические характеристики современных цифровых трехмерных средств измерения при введении некоторых ограничений отвечают требованиям судовых проверочных работ. Однако при установлении областей применения тех или иных средств измерения следует учитывать экономические и технологические показатели последних.

К экономическим показателям можно отнести капитальные затраты на приобретение измерительных средств с программным и метрологическим обеспечением, а также оперативные затраты на проведение измерений, определяемые их трудоемкостью и квалификацией операторов.

К технологическим показателям относятся: измерительное поле, определяемое границами, в которых можно производить измерения точек объекта с заданной точностью с одной установки; массогабаритные характеристики; быстродействие; время развертывания аппаратуры; массив одномоментно фиксируемых точек объекта; необходимость нахождения оператора у контролируемой точки объекта.

Из-за высокой стоимости, массогабаритных характеристик и сложности развертывания измерительные машины не могут быть использованы для судовых проверочных работ. По этим же причинам проблематично применение лазерных трекеров. Аппаратура фото- и видеограмметрии менее эффективна, чем измерительные станции на базе электронных теодолитов и тахеометров из-за высокой стоимости и сложности развертывания аппаратуры. Однако эта

аппаратура имеет лучший показатель одномоментно фиксируемых точек объекта, поэтому в судостроении ее используют при контроле деформаций объектов в технологических процессах, при обмерах гребных винтов, а в судоремонте — при дефектации ремонтируемых изделий.

Измерительные станции на базе электронных теодолитов и тахеометров, а также лазерно-акустические измерительные станции могут быть использованы для большинства проверочных работ, за исключением задач, решаемых с помощью оптических квадрантов и гиротеодолитов. Однако контроль соосности, прямолинейности, плоскостности и некоторых других параметров целесообразно выполнять с использованием зрительных труб, специального инструмента или оснастки.

Выбор измерительного средства для конкретного вида проверочных работ можно сделать на основе ранжирования по показателям: метрологии, устойчивости против производственных помех, технологичности и экономики, ранжирования самих показателей и расчета интегральных показателей по формуле

$$T_c = \prod_{i=1}^{i=n} k_i \sum_{j=1}^{j=n} r_{ij} r_{ni}, \quad (8)$$

где T_c — интегральный показатель средства для данной проверочной работы; r_{ci} — ранг средства для i -го показателя; r_{nj} — удельный вес i -го показателя для данной проверочной работы (при $\sum r_{nj} = 1$); k_i — коэффициент соответствия требованиям производства объекта (при $1 \geq k_i \geq 0$).

В табл. 1 представлено ранжирование измерительных станций по

показателям согласно их техническим характеристикам. Ранжирование самих показателей для каждой проверочной работы является более сложной задачей и зависит от конкретного объекта и условий его производства. Условное ранжирование показателей для судовых проверочных работ (табл. 2) дает возможность рассчитать условные интегральные показатели указанных средств для задач судостроения (при $k_i = 1$): для измерительных станций на базе электронных теодолитов $T_c = 4,4$; для тахеометров $T_c = 6,5$; для лазерно-акустической аппаратуры $T_c = 5,4$.

Выводы. При разработке МВИ геометрических параметров объектов с использованием трехмерных средств измерений необходимо обеспечить параллельность ИСК и ОСК или предусмотреть получение информации о их взаимном положении с погрешностью, определяемой требуемой точностью измерений. Полученное математическое выражение принципа Аббе для трехмерных измерений позволяет определить требования к согласованию ОСК и ИСК в зависимости от необходимой точности измерения геометрических параметров объектов. Предложенная методика расчета интегрального показателя позволяет выбрать оптимальное средство измерений для любых МВИ.

Литература

1. Гаврилюк Л. П. О применении трехкоординатных измерительных систем в судостроении // Судостроение. 2000. № 5.
2. ГОСТ 8.513. ГСИ. Проверка средств измерений. Организация и порядок проведения.
3. ГОСТ 8.326. ГСИ. Метрологическая аттестация средств измерений.
4. ПР 502.00609. ГСИ. Порядок проведения проверки средств измерений.

БЕЗВОДНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ КОНТРОЛЯ ГЕРМЕТИЧНОСТИ РАЗЪЕМНЫХ СОЕДИНЕНИЙ КОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

А. Я. Розин, канд. техн. наук, В. А. Синицкий, канд. техн. наук (ФГУП ЦНИИТС)

УДК 620.165.29

Согласно традиционной технологии постройки судов и ОСТ5Р.1 180—93 применяют следующие виды испытаний на герметичность и непроницаемость (суммарная трудоемкость всей номенклатуры испытаний принята за 100%): налив водой под напором и без напора —

37%; надув воздухом с применением пенообразующих индикаторов (мыльной эмульсии или полимерных составов) — 37%; полив водой под напором — 8%; обдув струей сжатого воздуха — 3%; смачивание керосином или цветопроницающими жидкостями — 15%.

Многообразие перечисленных методов контроля определяется требованиями прочности и условиями эксплуатации конструкций корпуса и надстроек. Герметичность сварных соединений испытывают наливом воды, надувом сжатым воздухом, а также смачиванием керосином или цветопроницающими жидкостями. Степень герметичности разъемных соединений, в число которых входят люковые закрытия, водо- и газонепроницаемые двери, иллюминаторы и т. п., традиционно контролируют поливом воды под напором или обдувом струей сжатого воздуха.

Наряду с трудозатратами, метод полива водой имеет существенные

недостатки, заключающиеся в сезонной зависимости (ограниченности или невозможности применения зимой), необходимости применения специфических мер безопасности (использование гидрокостюмов, защиты от гидроудара водой из шланга), а также в опасности порчи водой грузов, оборудования и отделки испытываемых на герметичность грузовых, жилых и служебных помещений строящихся и эксплуатирующихся судов.

С целью исключения перечисленных недостатков разработаны технология и средства контроля герметичности разъемных соединений без применения воды — путем выявления сквозных дефектов разъемных соединений акустическим методом.

В качестве средства реализации акустического метода используют разработанный ЦНИИТС неконтактный акустический течеискатель марки «УЗОН» [1]. Результаты практического применения этого течеискателя позволили модернизировать его с целью существенного повышения эффективности выявления дефектов. Модернизация течеискателя заключалась в следующем: микрофон типа МУП-2 заменили на современный типа «Magog», чувствительность которого в 3 раза больше, а себестоимость в 2 раза ниже; использовали новую и более эффективную электронную схему согласования высокоомного выхода микрофона с усилительным трактом течеискателя; обеспечили возможность вывода на выходной разъем аналогового низкочастотного сигнала регистрации сквозных микронеплотностей для обработки этого сигнала внешним цифровым аппаратным средством, в том числе ПЭВМ.

В результате создана новая модификация прибора для выявления микронеплотностей разъемных соединений в процессе постройки, ремонта или подготовки к эксплуатации судов различного назначения (рис. 1). Его технические характеристики: резонансная частота от 37 до 43 кГц; питание автономное от аккумуляторной батареи 8,4 В; продолжительность непрерывной работы 8 ч; габариты 220х62х32 мм; масса 300 г. Условия эксплуатации: температура окружающего воздуха от 10 до 40 °С; влажность воздуха при 20 °С — до 98%.

Готовность течеискателя к работе определяется с помощью светового индикатора, встроенного в корпус

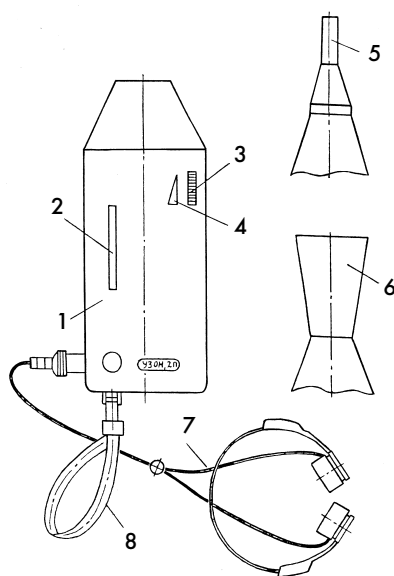


Рис. 1. Неконтактный акустический течеискатель:

- 1 — корпус; 2 — световая линейка;
- 3 — регулятор чувствительности; 4 — выключатель; 5 — цилиндрическая насадка;
- 6 — коническая насадка; 7 — головные телефоны; 8 — ремень крепления на руке

в виде световой линейки. Наличие ультразвукового поля фиксируется индикацией по девяти точкам световой линейки и звуковому сигналу в наушниках головных телефонов. Течеискатель можно использовать без головных телефонов. Регулятор чувствительности совмещен с выключателем питания. Регулировка включения выполняется плавно.

Для качественного акустического контроля описанный выше течеискатель работает в паре с различными по техническим характеристикам генераторами акустических колебаний. Объясняется это тем, что в замкнутых пространствах объемных металлических конструкций свободному распространению звука, генерируемого специальным источником, препятствуют акустические преграды, т. е. конструкции, ограничивающие объем, испытываемый на герметичность. Наличие указанных преград приводит к возникновению звукоизолирующего эффекта, являющегося следствием прохождения звука через границу раздела двух разных сред, например, воздуха и металла.

Значительные размеры грузовых трюмов и существенная толщина конструкций корпуса судна, ограничивающих объем этих трюмов, создают наименьшую опасность

вибровозбудимости контролируемых на герметичность корпусных конструкций и люковых закрытий. В результате в паре с описанным выше неконтактным акустическим течеискателем используется для совместной работы акустический генератор, объединяющий в едином корпусе двенадцать звукоизлучателей, размещенных на сферической поверхности корпуса генератора. Модель генератора марки УЗГ-2 имеет следующие характеристики: резонансная частота от 38 до 40 кГц; питание автономное от аккумуляторной батареи; продолжительность непрерывной работы 8 ч; габариты 330х230х180 мм; масса 3,4 кг; условия эксплуатации — температура от 10 до +45 °С.

При испытании на герметичность люковых закрытий генератор помещают внутрь грузового трюма и устанавливают на днище. После включения генератора и неконтактного акустического течеискателя контрольная система «генератор—течеискатель» считается налаженной, если загорается световая линейка на корпусе течеискателя. После проверки закрывают «по штатному» крышку грузового трюма, затем с помощью течеискателя обследуют

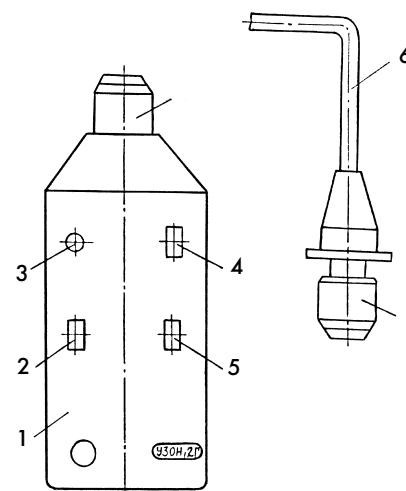


Рис. 2. Ультразвуковой генератор:

- 1 — корпус; 2 — выключатель; 3 — индикатор включения; 4 — переключатель режима работы; 5 — переключатель мощности; 6 — кабель выносного излучателя; 7 — съемный микрофон

все уплотнения (разъемные соединения) крышки и комингса грузового люка, фиксируя места сквозных микронеплотностей по загоранию светового индикатора линейки течеискателя.

Совместное использование генератора и течеискателя позволяет испытывать люковые закрытия грузовых трюмов высотой до 15 м.

На большинстве судов двери, иллюминаторы, световые люки и т. п. располагаются в надстройках или твиндечных пространствах, разделенных или ограниченных тонколистовыми конструкциями, волновые колебания которых могут быть легко вызваны звуковым воздействием, генерируемым в процессе проведения контроля герметичности и непроницаемости акустическим методом [2]. С учетом этого обстоятельства использование мощного генератора УЗК-2 оказывается неэкономичным, так как, несмотря на возможность создания с его помощью синфазно пульсирующего сферического фронта звуковых волн, воздействие этих волн на сквозные микронеплотности может вызвать эффект наличия «ложных дефектов». Объясняется это тем, что передача звуковых волн через каналы сквозных микронеплотностей может сопровождаться дифракцией звукоизлучения на выходе из каналов микронеплотностей, что приведет к распространению звука не только по оси канала, но также по обеим сторонам оси, создавая ситуацию, характеризующуюся «ложными дефектами». Во избежание этого явления должен быть использован генератор меньшей мощности, способный создавать звуковые сигналы, локализующиеся на выходе

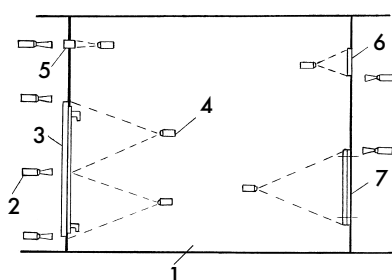


Рис. 3. Схема расположения неконтактного акустического течеискателя и ультразвукового генератора при испытаниях корпусных конструкций:

1 — испытываемое помещение; 2 — течеискатель; 3 — водонепроницаемая дверь; 4 — генератор; 5 — кабельный ввод; 6 — иллюминатор; 7 — горловина

из каналов сквозных микронеплотностей в форме узкого пучка звуковых волн.

Соответствующий указанным требованиям генератор акустических колебаний (рис. 2), созданный для совместного применения с описанным выше неконтактным акустическим течеискателем, имеет следующие характеристики: резонансная частота от 37 до 43 кГц; питание автономное от аккумуляторной батареи 8,4 В; продолжительность непрерывной работы 8 ч; габариты 200x62x37 мм; масса — 300 г. Условия эксплуатации: температура окружающего воздуха от 10 до 40 °С; влажность воздуха при 20 °С — до 98%.

Готовность совместной работы системы «генератор—течеискатель» проверяется установкой по одной

оси обоих приборов микрофонами друг напротив друга. При включении генератора должна загораться вся световая линейка течеискателя, затем течеискатель должен быть повернут на угол 90° по отношению к оси генератора. Отсутствие сигнала световой линейки свидетельствует о готовности течеискателя к совместной работе с генератором.

При проведении испытаний на герметичность и непроницаемость разъемных соединений иллюминаторов, дверей и т. п. генератор должен быть расположен внутри контролируемого помещения и закреплен при помощи фиксаторов (струбцин, опор и т. д.) таким образом, чтобы в зоне (секторе) направленности его микрофона находились все объекты контроля (рис. 3).

Результаты проведенных работ и лабораторных исследований подтвердили идентичность выявления сквозных микронеплотностей акустическим методом (безводная технология) и традиционно используемым поливом водой под напором. При аналогичной продолжительности испытаний на герметичность безводная технология оказывается экономичнее в 1,7 раза благодаря исключению затрат на применение и очистку используемой для полива технической воды.

Литература

1. Розинов А. Я., Ярыгин О. В. Акустический метод контроля герметичности при помощи программно-управляемых средств // Судостроение. 2000. № 4.
2. Боголепов И. И., Авферонк Э. И. Звукоизоляция на судах. Л.: Судостроение, 1970.

ВОЕННО-МОРСКОЙ САЛОН ПРОЙДЕТ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

25—29 июня 2003 г. в соответствии с распоряжением правительства (№ 294-р от 3 марта 2001 г.) в Санкт-Петербурге пройдет первый в России Международный Военно-морской салон, посвященный 300-летию города на Неве. Организатор салона — Российское агентство по судостроению, председатель оргкомитета — министр промышленности, науки и технологий Илья Клебанов. Предусмотрено пять основных разделов салона: экспозиционно-выставочный, показ военно-морской техники и вооружений, научно-практическая конференция на тему «Военный флот и судостроение в современных условиях», VIP-переговоры,

посещение предприятий оборонно-промышленного комплекса. На одном из военных полигонов проведут боевые стрельбы из морских артиллерийских систем. Гостям салона продемонстрируют более десяти современных отечественных кораблей, самолеты морской авиации.

В павильонах ВАО «Ленэкспо», в гавани Васильевского острова на площади более 5000 м² планируется продемонстрировать широкую номенклатуру продукции военно-морского назначения, включая новейшие разработки в области военного кораблестроения. Заявки на участие в салоне подали уже более 200 предприятий.

Вместе с существующими в стране выставками вооружений Военно-морской салон войдет в создаваемую в России систему демонстрации продукции военного назначения, что должно повысить эффективность военно-технического сотрудничества с зарубежными странами.

Журнал «Судостроение» — орган Россудостроения и НТО судостроителей им. А. Н. Крылова — готовит специальный номер, который будет распространяться среди участников Военно-морского салона и, конечно же, поступит всем подписчикам в нашей стране и за рубежом. Редакция приглашает заинтересованные предприятия и организации заранее разместить в этом номере свои рекламно-информационные материалы. □

НОВЫЙ ПОДХОД К УТИЛИЗАЦИИ РЕАКТОРНЫХ ОТСЕКОВ ПОДВОДНЫХ ЛОДОК

(В порядке обсуждения)

М. Н. Ваучский, канд. техн. наук (НИЦ 26 ЦНИИ МО РФ)

УДК 621.039.75:623.827.2.002.8

Утилизация кораблей с ядерными энергетическими установками (ЯЭУ) представляет собой проблему мирового значения. Наиболее значимой компонентой этой проблемы является утилизация выведенных из эксплуатации атомных подводных лодок (АПЛ). В настоящее время утилизация АПЛ поставлена на поток только в США. Великобритания, Франция и Россия имеют национальные концепции утилизации собственных АПЛ, но пока этот процесс не поставлен на промышленную основу.

Согласно действующей концепции утилизация реакторных отсеков АПЛ предусматривает несколько этапов, схематично показанных на рис. 1. После вывода из боевого состава ВМФ лодка в течение 3—10 лет отстает на плаву. По окончании отстоя производится разгрузка ЯЭУ и подготовка к временному хранению, в процессе которой из АПЛ вырезается трехотсечный блок с реакторным отсеком. Временное хранение трехотсечного блока на плаву осуществляется 10—15 лет, после этого предусматривается вырезка реакторного отсека и подготовка его к длительному хранению, которое, согласно действующей концепции, должно осуществляться на суше. Срок длительного хранения четко не определен и варьируется от 40 до 100 лет. Затем предполагаются разделка реакторного отсека и захоронение реактора.

В последнее время все чаще появляются статьи, авторы которых критикуют действующую концепцию утилизации АПЛ и выносят на обсуждение свои предложения. В качестве примера можно привести «Концепцию экологически безопасной утилизации снятых с эксплуатации атомных подводных лодок». Ее авторы В. В. Довгуша и М. Н. Тихонов [1] предлагают упростить процесс утилизации АПЛ, отказавшись от временного хранения на плаву трехотсечных блоков и длительного хранения отсеков, а сразу после разгрузки ЯЭУ приступать к вырезке реакторного отсека и последующей его разделке низкотемпературными химико-механическими методами с помощью взрывогенератора.

Представляется, что такой радикальный подход к изменению концепции утилизации АПЛ преждевременен, так как соответствующие технологии еще в недостаточной степени отработаны и не выведены на промышленную основу. Тем не менее внести в действующую концепцию ряд изменений действительно пора. В первую очередь это касается отстоя АПЛ на плаву. Первоначально отстой в течение 3—10 лет планировался для снижения активности осколков деления, накопившихся в процессе эксплуатации ЯЭУ. Подразумевалось, что реакторы были выключены непосредственно перед выводом АПЛ из эксплуатации, а отстой осуществлялся на хорошо охраняемой стоянке под наблюдением экипажа.

В современных условиях АПЛ выводятся из боевого состава флота через несколько лет после выключения реакторов. К этому времени обслуживание механизмов прекращается, а большая часть короткоживущих радионуклидов распадается (за первый год после остановки реактора активность осколков деления снижается примерно на 4 порядка). Учитывая, что в последующее десятилетие активность топлива снижается всего в 2—3 раза, смысл дальнейшего отстоя утрачивается. Более того, в этот период возможна частичная разукрупкация АПЛ, механизмы выходят из строя, наведенная активация металлоконструкций возрастает. Поэтому имеет смысл или вообще отказаться от отстоя АПЛ на плаву, или ограничить его одним годом, ведя отсчет не от выведения из боевого состава, а от остановки реактора.

Разгрузку реактора, промывку и дезактивацию систем целесообразно проводить силами экипажа, пока все оборудование работает в штатном режиме. Чем дольше АПЛ простоят после вывода из боевого состава, тем труднее будет осуществить эти процедуры.

С другой стороны, временное хранение на плаву с целью снижения активности металлоконструкций является необходимым и должно осуществляться в обязательном по-

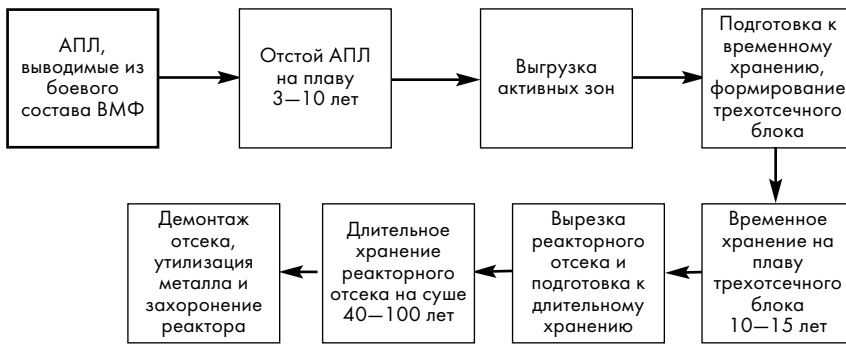


Рис. 1. Этапы утилизации реакторных отсеков АПЛ (по действующей концепции)

рядке. Но к началу данного периода из реакторного отсека должны быть полностью удалены осколки деления и продукты распада. В противном случае мероприятие будет бессмысленным, так как активация металлоконструкций продолжится.

После окончания временного хранения реакторный отсек вырезается и готовится к длительному хранению. Производится демонтаж легкого корпуса (отсек слишком тяжел для транспортных тележек), удаляются неактивные предметы и приспособления. Завариваются торцевые оконечности отсека. Для защиты персонала от излучений в нижней части корпуса (где активность максимальная) укладывается слой радиационно-стойкого бетона. В верхней части корпуса (где излучения не представляют существенной опасности) выполняется торкрет-покрытие для обеспечения защиты корпуса от климатических воздействий.

Значительный интерес представляет срок длительного хранения реакторного отсека. Разброс продолжительности длительного хранения от 40 до 100 лет весьма велик и нуждается в существенной, строго научной корректировке. Для начала рассмотрим радионуклиды, определяющие наведенную радиацию. Если не учитывать радионуклиды, имеющие период полураспада менее 2 лет, то останутся только Fe-55, Ni-59, Ni-63 и Co-60. Распад Fe-55 и Ni-59 характеризуется К-захватом, Ni-63 при распаде испускает β-излучение, Co-60 — β- и γ-излучения. Поскольку защита от К-захвата и β-излучения серьезной проблемы не пред-

ставляет, тремя изотопами из указанных четырех можно пренебречь. Остается Co-60, имеющий период

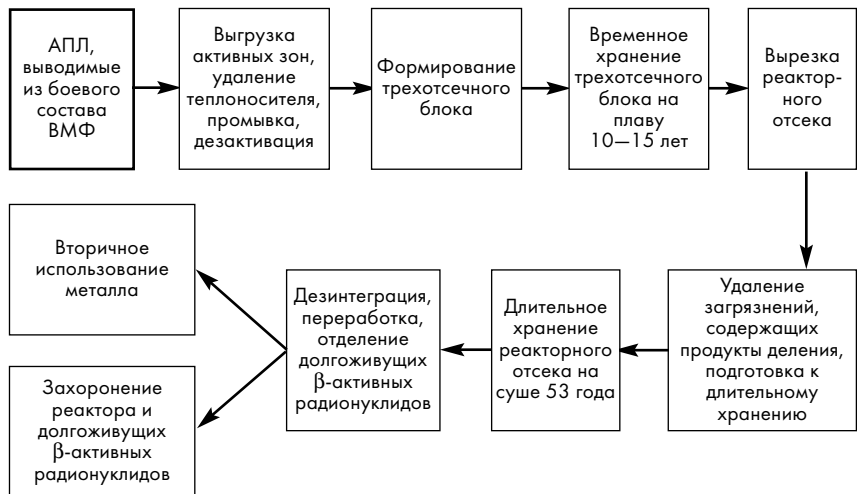


Рис. 2. Этапы утилизации реакторных отсеков АПЛ (рассматриваемый подход)

полураспада 5,3 года, испускающий γ-кванты с энергией 1,333 и 1,172 МэВ.

Закон радиоактивного распада выражается следующей зависимостью:

$$A_t = A_0 e^{-\lambda t},$$

где A_t — активность радионуклида по прошествии времени t ; A_0 — начальная активность радионуклида; λ — постоянная распада [2].

Задавшись требуемой активностью в 0,1% от исходной, получаем, что для достижения заданной активности требуется 10 периодов полураспада, или 53 года. Именно такой срок целесообразно установить для длительного хранения реакторных отсеков. По истечении этого времени ак-

тивность металла будет в основном представлена β-излучениями, а это значит, что можно приступить к разделке отсека. При этом, разумеется, следует соблюдать меры индивидуальной защиты (персонал должен иметь резиновую обувь, перчатки, респиратор), но существенных затруднений β-излучения не вызовут.

При разделке отсека в первую очередь следует отделить реактор и, после придания ему компактной конфигурации, направить на захоронение. Остальные металлоконструкции, кроме тех, которые имеют существенную степень активности, можно отправить в переплавку. Из металла,

имеющего существенную степень активности, выделяется Ni-63 (если уровень развития техники позволит осуществить это мероприятие) или весь активный металл измельчается, прессуется и поступает на захоронение вместе с реактором. Предлагаемый подход к утилизации АПЛ схематически показан на рис. 2.

Не претендуя на создание новой концепции утилизации реакторных отсеков АПЛ, автор надеется, что при переработке действующей концепции его выводы и предложения будут приняты во внимание.

Литература

1. Довгуша В. В. Тихонов М. Н. Концепция экологически безопасной промышленной утилизации снятых с эксплуатации ядерных подводных лодок // Экология строительства производства. 1998. № 1—2.
2. Военно-морская и радиационная гигиена. В 2 т. Т. 2. СПб.: ЛИО «Редактор», 1999.

ВЗРЫВНАЯ РАЗДЕЛКА СУДОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА МЕТАЛЛОЛОМ

В. С. Козлов, докт. техн. наук, генеральный директор
ЗАО НПП «Контур», АО «Втормет»

УДК.621.7.044.2:669.054.85

Отслужившие свой срок корабли являются значительным источником лома черных и цветных металлов. По экспертным оценкам потенциальные запасы металла, содержащегося в списанных и подлежащих списанию речных и морских судах, кораблях ВМФ, составляют 3—5 млн т [1—5].

С точки зрения разделки на металлолом и последующей утилизации судовые конструкции являются наиболее сложными объектами. Огромные размеры, покрытая многими слоями краски и различными загрязнениями поверхность корпуса судна, замкнутые отсеки, чрезвычайно неблагоприятные условия труда для газорезчиков — все это делает процесс судоразделки очень трудоемким, экологически вредным и экономически нерентабельным.

Во всем мире разделка судов на лом ведется в основном с применением газовой резки (90% всех операций). На отечественных судоразделочных предприятиях первичную разделку на «карты» осуществляют только газом. Переработка списанных судов традиционным методом всегда была убыточна и субсидировалась государством различными способами, например, применением повышающих коэффициентов.

По данным на 1990 г. затраты на переработку судового лома более чем в 1,36—1,55 раза превосходили отпускные цены на этот лом даже с учетом применения удвоенного повышающего коэффициента, а затраты на переработку притопленных, брошенных, находящихся в отдаленных местах судов вообще более чем в 100 раз превышали цену получаемого из них металлолома. Для огромного количества судовых объектов переработка традиционными методами является практически невыполнимой.

В настоящее время технические и экономические сложности организации судоразделки с помощью газовой резки еще более усугубились, а по экологическим и санитарно-ги-

гиеническим условиям труда вообще не соответствуют современным требованиям.

Первые рекомендации и предложения по применению взрыва для разделки судов появились в начале 60-х годов. В ранних работах отмечалась неэффективность газовой резки из-за наличия толстого слоя ржавчины, а также при разделке чугуновых или стальных толстостенных деталей, поэтому в этих случаях для разрыва горизонтальных поверхностей может использоваться взрывчатое вещество (ВВ) в виде порошка, который насыпается по линии реза, покрывается слоем песка и подрывается.

Первые научно-исследовательские работы, направленные на изучение возможности эффективной взрывной разделки списанных судов на металлолом, стали проводиться в конце 80-х годов ведущей научной организацией ломоперерабатывающей отрасли — ВНИПИ вторчермет (Липецк) совместно с организациями «Союзвзрывпром», «Кривбассвзрывпром» на базе Ленинградского, Севастопольского и Архангельского цехов Вторчермета. В них определялись характеристики взрывного разрезания различных конструктивных элементов судна с помощью шнуровых кумулятивных зарядов (ШКЗ): интенсивность воздушных ударных волн, дальность разлета осколков. Впервые был получен ряд экспериментальных данных, в частности, при вырезании взрывом проемов в бортах судна-кабелюкладчика, резах прочного корпуса дизельной подводной лодки С-313 в нескольких сечениях.

В работах других исследователей [3—6] содержатся интересные данные по разделке взрывом судов ВМФ, по применению удлиненных кумулятивных зарядов (УКЗ), ряд эмпирических зависимостей по выбору параметров зарядов, определению уровня шума, сведения о применении взрывной резки на Северном флоте в 1967—1992 гг., в том числе

отделение реакторного отсека на атомном ледоколе «Ленин» (УКЗ-40), разрезка прочного корпуса дизельной подводной лодки в Мурманске (УКЗ-24).

Проводились исследования по применению УКЗ для разрезки корпусных конструкций кораблей с гидроакустическим покрытием и без него. Был сделан вывод о максимальном снижении доли труда при разделке и перспективности применения УКЗ для этих целей. Ширина реза составляет до 2—4 мм в зависимости от толщины металла. Загрязнений воздушной среды, измеряемых методами газоанализа на открытой площадке в районе производства работ через 10 с после взрыва, не обнаружено. Значения импульсного уровня воздушного шума на расстоянии 130 м от места взрыва находились в пределах от 81 до 114 дБ·А. Появились данные металлографических исследований микрошлифов образцов, вырезанных перпендикулярно линии среза.

Значимые результаты получены Куйбышевским политехническим институтом (ныне Самарский государственный технический университет) по разделке дизельных подводных лодок массой по 1200 т в Николаеве (1989 г., пр. 611) и Керчи (1990 г., пр. 612). За пять дней бригада из 5 чел., работая в две смены, разрежала лодки в доке на 7—8 блоков.

Необходимо отметить также работу НПЦ «Квазар» [7], проводившуюся на Северном флоте, по разделке военных кораблей с помощью жидких ВВ, изготавливаемых на месте использования из нескольких невзрывоопасных компонентов. Основным преимуществом таких ВВ, по мнению авторов этих работ, является их низкая стоимость (в 2—2,5 раза ниже обычных ВВ) и применение невзрывоопасных компонентов.

Специалистами НПА «Интеллекс», ЦНИИХМ, ЧОЗИП проведены успешные работы на Волге по разделке наливной баржи «Север» массой 300 т, двух сухогрузных судов по 600 т каждое с применением УКЗ и ШКЗ, а также лихтера класса «М» массой 1000 т на Лене. НПА «Интеллекс» и ЧОЗИП провели экспериментальные работы на Тихоокеанском флоте по взрывной разделке морского буксира ледокольного типа МБ-153 массой 600 т. Корпус буксира разрежали на 6 секций, де-

монтировали рулевую рубку и дымоходные трубы. После того, как с помощью УКЗ с гребного вала срезали гайку и хвостовик, взрывом гребной винт сняли с вала, а сам вал разрезали на части внутри корпуса.

В Институте электросварки им. Патона (Киев) получены данные по разделке взрывом судовых объектов в районе Крымского полуострова. Эпизодически и другими организациями проводились экспериментальные взрывные работы по разрушению отдельных судовых объектов и их фрагментов.

Работы подобного рода, проведенные различными организациями в разных условиях, однозначно указывали на перспективность применения импульсных методов в судоразделке. Уже первые оценки показали, что они приводят к снижению себестоимости, повышению темпов работ более чем в 10 раз, существенно улучшаются экологические факторы. Однако все эти работы были разрозненны, носили разовый экспериментальный характер; применялись те заряды, которые имелись в распоряжении взрывников; полученные данные не могли быть обобщены, статистическую информацию на нескольких подрывах собрать было невозможно, да и цель по созданию промышленной технологии взрывной разделки списанных судовых конструкций не ставилась.

Систематические исследования, направленные на создание промышленных технологий и средств взрывной переработки металлообъектов на металлолом в интересах ломоперерабатывающей отрасли, начали проводиться с конца 80-х годов по инициативе группы ученых и специалистов ЦНИИ химии и механики и концерна «Союзвторчермет» Министерства металлургии СССР (ныне АО «Втормет»). В этот период по техническим заданиям и договорам с концерном «Союзвторчермет» как центральной организации подотрасли по заготовке и переработке лома специалисты ряда научно-исследовательских организаций приступили к проведению целенаправленных НИОКР по созданию и внедрению взрывных технологий применительно к условиям и требованиям разделки металлоконструкций на товарный лом согласно действующим нормативным документам.

Расчетные скорости износа элементов корпуса судна

Наименование группы связей	Средняя расчетная скорость износа, мм/год
Палубные настилы и подпалубный набор, комингсы	0,03
Палубные настилы судов-площадок, перевозящих навалочные грузы	0,12
Палубные настилы и подпалубный набор, верхние листы переборок и бортов в районе грузовых танков нефтеналивных судов	0,12
Палубные настилы и подпалубный набор, верхние листы переборок и бортов в районе грузовых танков нефтеналивных судов, перевозящих сырую нефть	0,18
Наружная обшивка борта выше ватерлинии судна в полном грузу и набор	0,04
Наружная обшивка борта ниже ватерлинии судна в полном грузу и набор	0,05
Настил второго дна, нижние листы вторых бортов и переборок	0,05
Верхние и средние участки вторых бортов и переборок	0,03
Настилы второго дна, нижние листы вторых бортов и переборок судов, перевозящих навалочные грузы	0,12
Верхние и средние участки вторых бортов и переборок, комингсы судов, перевозящих навалочные грузы	0,07
Скуловой пояс наружной обшивки и примыкающий к нему пояс обшивки днища	0,08
Обшивка днища и набор	0,05
Набор в междудонном пространстве	0,06

Уже первые опытные подрывы, проводимые со штатными зарядами, показали, что напрямую их применение для промышленных условий нерационально. Обладая большой мощностью и бризантностью, такие средства не могут обеспечить рационального раскроя металла по требуемой геометрии с удовлетворительным выходом товарного лома. При взрывах мощных зарядов военного назначения имеют место сильные акустические и сейсмические эффекты, очень велик разлет осколков, что крайне осложняет возможности применения таких зарядов в условиях действующих производств, вблизи населенных пунктов, зданий и сооружений.

Экспериментальные данные и прогнозные оценки, полученные в ходе начального этапа исследований, убедительно показали, что создание новых высокоэффективных средств и технологий взрывной разделки, способных успешно решать проблемы переработки списанных судов по сравнению с традиционными способами тепловой и механической резки, требует проведения комплекса исследовательских, конструкторских, технологических, производственных и организационных работ и мероприятий. Кроме того, в отличие от применения боевых ВВ, для гражданских целей ломоперерабатывающей отрасли нужны заря-

ды, которые должны работать только в заданном режиме и подрываться по определенной программе, чтобы обеспечить только механическое режущее действие с максимальным снижением бризантного эффекта, параметров воздушных ударных волн, сопутствующих сейсмических и акустических эффектов, неблагоприятных экологических факторов, а главное — обеспечить регулируемое, заданное разрезание или дробление металлообъектов на габаритный товарный лом с гарантируемыми характеристиками, соответствующими параметрам загрузочных устройств плавильных агрегатов.

В работах по созданию и внедрению взрывных методов в переработку лома, проводившихся в 1989—1999 гг., результаты которых по направлению судоразделки представлены в данной статье, участвовали многие организации и предприятия Вторчермета, металлургии, промышленности и науки, органы Госгортехнадзора России. Задачи по координации и научно-методологическому обеспечению работ по использованию энергии взрыва в промышленной ломопереработке совместным приказом Министерства металлургии СССР и Министерства оборонной промышленности СССР № 57 от 20.04.1991 г. были возложены на созданное специально для этих целей научно-про-

изводственное предприятие «Контур», входящее сейчас в систему АО «Втормет». Руководителем работ был назначен автор этих строк.

За этот период на основе многих тысяч экспериментов был создан и внедрен комплекс высокоэффективных промышленных технологий и средств взрывной разделки основных типов крупногабаритных трудноперерабатываемых металлообъектов (КТМ), в том числе металлургических массивов, списанных судов, бронетехники, крупных самолетов, железнодорожных цистерн. Проведены серийные взрывные работы по разделке КТМ с сертификацией и документальным оформлением соответствующих технологий [8—11].

С помощью разработанных технологий и зарядов ВВ переработаны и вовлечены в плавильное производство сотни тысяч тонн металла, разделаны на металлолом многие тысячи различных КТМ, в том числе суда на Волге, Каме, Лене и в других регионах.

Коллективу ученых и специалистов, возглавляемых В. С. Козловым, В. С. Федосеевым, Е. В. Колгановым, В. В. Калашниковым и В. М. Захаровым за разработку и широкое внедрение комплекса высокоэффективных технологий разделки крупногабаритных объектов на металлолом с помощью энергии взрыва присуждена премия Правительства РФ в области науки и техники за 1998 г.

Применение нового способа разделки требует построения соответствующей концепции переработки объекта и формирования обоснованных исходных данных для проектирования. Главным практическим требованием к технологии является получение габаритного товарного лома согласно действующему ГОСТ 2787—85 и другим нормативно-техническим документам. Лом, образующийся после взрыва, должен быть доступен для последующей транспортировки и переработки с учетом возможностей погрузочно-транспортных средств и дальнейшей разделки с помощью теплового или механического оборудования. Эти требования относятся ко всем без исключения КТМ, подлежащим переработке. С другой стороны, технология должна учитывать специфику применения ВВ. Здесь очень важным является обеспечение безопасности, минимизация таких негативных

факторов взрыва, как осколочность, воздушные ударные волны, акустика и сейсмика. Но самое главное — технологический процесс взрывной разделки должен быть экономически более выгодным по сравнению с другими существующими методами ломопереработки.

Анализ конструктивных особенностей металлоконструкций с точки зрения их разделки на металлолом и особенно разделки с помощью взрыва является первым важным этапом в процессе проектирования и проведения технико-экономического анализа взрывных работ.

Ранее конструкторы, разрабатывая различные металлоемкие изделия, даже не задумывались о том, что при проектировании необходимо учитывать ряд требований, обеспечивающих или облегчающих разделку конструкции на металлолом. В настоящее время в связи с проблемой ресурсосбережения просто необходимо одним из условий в технических заданиях на разработку любого объекта техники выдвигать требование по обеспечению утилизации объекта после окончания срока его службы. Результаты, полученные автором, позволяют сформулировать ряд рекомендаций по этой важной проблеме.

Анализ конструктивных особенностей судовых объектов показывает, что для их разделки, особенно на первичной стадии превращения объемных конструкций в плоскостные фрагменты, наиболее предпочтительны, с точки зрения технических, экономических и экологических факторов, взрывные технологии.

Судовые объекты характеризуются очень большими размерами, сложным конструктивным исполнением. Они часто расположены вдали от ломоразделочных производств, в труднодоступных местах, на акваториях и берегах водоемов и рек, в полузатопленном и затопленном состоянии и даже в береговой полосе на значительных расстояниях (до сотни метров) от уреза воды (из-за изменения русла рек). Многие объекты находятся вблизи зданий и сооружений, что накладывает очень жесткие требования на проведение взрывных работ. Как правило, объекты нетранспортабельны и могут быть разделаны только на месте. Разнообразие конструкций и размеров судов очень осложняет зада-

чу разработки единого или нескольких технологических процессов разделки, основанных на подборе и оптимизации типовых операций и зарядов ВВ.

Вместе с тем, анализ судовых конструкций с целью выявления и обобщения типовых характеристик и типовых схем с точки зрения переработки на лом взрывными методами возможен. В докторской диссертации автора впервые применительно к ломопереработке проведен системный анализ конструктивных особенностей типовых КТМ с позиций их утилизации, рассмотрены их общие схемы, характерные конструкции, применяемые материалы. Проанализирована с этой точки зрения и конструкция корпуса судна.

Для анализа используются методы теории эффективности, которые позволяют рассчитать обобщенную характеристику объекта разделки — так называемую приведенную толщину преграды-имитатора, т. е. определяется некая гомогенная плита или преграда, которая с точки зрения сопротивления импульсным взрывным нагрузкам эквивалентна всему разделяемому корпусу судна в целом. Методика расчета вкратце состоит в следующем.

Масса металла корпуса судна определяется основными размерами судна и, кроме того, зависит от особенностей конструкции судна — типа системы набора, наличия вторых дна и бортов, числа палуб, надстроек, грузовых люков и т. п. Для каждого типа судна в зависимости от его длины правилами классификации и постройки судна установлены минимальные толщины элементов корпуса. Эти толщины должны использоваться для расчета величин зарядов при взрывной разделке судов, так как для каждого типа судна определенных размеров толщины связей корпуса изменяются в небольших пределах, особенно это относится к обшивке, палубам, второму дну и вторым бортам, составляющим более 80% массы корпуса. Исходя из этого, для проектных расчетов характеристик зарядов ВВ и в технико-экономических расчетах при взрывной разделке корпусов судов вместо конкретных толщин многочисленных элементов корпуса удобно пользоваться одним обобщенным параметром — приведенной толщиной корпуса судна.

Под приведенной толщиной $\delta_{пр}$ (мм) будем понимать некоторую осредненную величину

$$\delta_{пр} = M_k / S_{пр}, \quad (1)$$

где M_k — масса корпуса судна (доковая), т; $S_{пр} = \sum L_i N_i$ — приведенная площадь основных элементов корпуса, m^2 ; i — количество конструктивных элементов (борта, днища, палубы и надстройки); L_i , N_i — длина и высота конструктивного элемента.

Рассчитав параметр $S_{пр}$, можно в инженерном приближении определить тип и количество зарядов ВВ, необходимых для разделки, и соответственно оценить уровень затрат и целесообразность применения взрывной резки конкретной конструкции, не выезжая на место проведения работ.

В процессе эксплуатации судна из-за коррозионного износа его масса уменьшается. Соответственно выход металлолома при списании будет меньше массы нового судна, а поскольку плановый срок службы судов составляет 25—35 лет и более, потеря массы металла корпуса может быть значительной. Средние расчетные скорости износа элементов корпуса судна приведены в таблице. Были собраны и обобщены основные характеристики корпусов судов внутреннего и смешанного плавания более чем 40 конструктивных типов и классов: главные размерения, масса корпуса, грузоподъемность, год постройки головного судна, материал корпуса, модуль массы, основные толщины обшивки, скорости износа, остаточная масса, приведенные толщины и т. п. Эти сведения

входят в созданный каталог исходных данных для разработки проектов и технико-экономических оценок стоимости взрывной разделки таких металлообъектов.

Среднее значение коэффициента скорости износа корпуса судна $K_{изн}$ (мм/год) можно определить по зависимости

$$K_{изн} = \sum K_{изн.i} S_i / S_{пр}, \quad (2)$$

где $K_{изн.i}$ — коэффициент износа i -го элемента; S_i — приведенная площадь i -го элемента корпуса.

Для приближенной оценки потери массы корпуса судна можно принять следующие усредненные значения коэффициентов износа:

0,04—0,05 — для пассажирских, площадочных, тентовых судов, автомобилей, буксиров, толкачей;
0,07—0,08 — для барж, сухогрузов, трюмных судов;

0,09—0,10 — для судов, эксплуатирующихся на мелководье, в битом льду, перевозящих агрессивные грузы, сернистые нефтепродукты, речной песок и т. п.

Потеря массы металла корпуса судна $M_{изн}$ определяется по зависимости

$$M_{изн} = T_{эк} S_{пр} \rho_{мет} \cdot 10^{-3}, \quad (3)$$

где $T_{эк}$ — срок эксплуатации судна, годы; $\rho_{мет}$ — плотность металла корпуса, t/m^3 .

По зависимостям вида (1)—(3) определены осредненные по классам судов «приведенные толщины» — имитаторы корпусов судов. Получен большой статистический массив данных, позволяющий по заявке за-

казчика без предварительного выезда на место и обмера объекта составить проект работ, определить количество и тип зарядов ВВ и практически оценить экономическую целесообразность проведения взрывной разделки того или иного объекта. Подобный методический подход применен и к другим видам КТМ.

Литература

1. Федосеев В. С. Прогноз обеспечения сталеплавильного производства металлоломом и проблемы качества // Труды Третьего конгресса сталеплавателей. М., 1996.
2. Попов Г. Ф., Волобуев В. Ф. Ресурсы вторичных черных металлов // Справочник. М.: Металлургия, 1996.
3. Клюкина Г. Г., Прут Л. Н., Аксенов А. Ф. Переработка судового лома // Обзорн. информ. ЦНИИТИ «Черметинформация», 1988.
4. Бабанин В. Ф., Прокофьев О. П. Перспективы использования энергии направленного взрыва для разделки корпусов судов // Судостроение. 1993. № 1.
5. Смердов В. В., Воронцов В. Р. Импульсный метод разделки корпусов речных судов // Речной транспорт. 1991. № 10.
6. Совков П. И. Разделка корпусных конструкций с применением удлиненных кумулятивных зарядов // Судостроение. 1996. № 4.
7. Каганер Ю. А., Шушко Л. А. Квасар-технология взрывных работ и ее применение при разделке судов на металлолом // Судостроение. 1997. № 4.
8. Козлов В. С., Воронцов В. Р. Утилизация поднимаемых объектов взрывчатыми средствами // Труды Всероссийской научн.-техн. конф. по проблемам утилизации затонувших объектов. СПбГМТУ, 1994.
9. Козлов В. С., Воронцов В. Р., Захаров В. М. Утилизация объектов взрывными средствами // Труды Международной конф. по утилизации атомных подводных лодок. М.: ИБРАЭ РАН, 1995.
10. Козлов В. С. Взрывные методы для ломо-переработки // Конверсия в машиностроении. 1999. № 5.
11. Федосеев В. С., Козлов В. С. Разделка крупногабаритных трудноперерабатываемых металлообъектов с помощью энергии управляемого взрыва // Вторичные ресурсы. 2001. № 2.

(Окончание в следующем номере).

Конгресс двигателестроителей состоится в 2003 г.

Летом 2003 г. в Санкт-Петербурге планируется провести Конгресс двигателестроителей с участием представителей предприятий и организаций, которые создают, эксплуатируют и ремонтируют дизельные, бензиновые, газовые и другие двигатели в различных отраслях, в том числе в судостроении, морском и водном транспорте, оборонной промышленности.

Основная тематика конгресса: состояние двигателестроения в России, технический уровень двигателей, агрегатов, узлов и деталей, основные направления и ожидаемые результаты дальнейшего совершенствования двигателей; направления развития и объемы производства в двигателестроении.

Организаторы конгресса — ЦНИДИ, журнал «Двигателестроение» при поддержке Минпромнаука.

Справки по тел./факс (812) 3732744; тел. (812) 3716581; тел./факс (812) 3712273.

E-mail:cnidi@rdiesel.spb.ru

СУДОСТРОЕНИЕ ЯПОНИИ

В 2000 г. мировой портфель заказов на новые суда впервые с момента первого нефтяного кризиса 1973 г. превысил 40 млн брутто рег. т (брт). Среди многих факторов, которые повлияли на это, японскими специалистами особо выделяются: необходимость замены множества морских судов, построенных в 70-е годы и выработавших свой ресурс, и оживление в судоходном бизнесе благодаря наблюдавшемуся в последние годы подъему в экономике США.

Согласно «World Shipbuilding Statistics» (Lloyd Register) портфель заказанных в 2000 г. судов в мире включал 46 093 000 брт, что на 59,2% выше, чем в 1999 г. Доля Японии составила 13 475 000 брт (+54,9%) или 29,2%, верфей Западной Европы, входящих в Ассоциацию западно-европейских судост-

11 592 000 брт (+19,6%). При этом сухогрузы составляли 8 694 000 брт (в 1999 г. — 6 612 000 брт), танкеры — 2 873 000 брт (против 3 032 000 брт), суда других типов — 25 000 брт (52 000 брт).

В первой группе 59,1% приходилось на балкеры (+24,1%). Доля танкеров для перевозки сырой нефти уменьшилась на 23,9%, составив 1 636 000 брт или 14,1%, в том числе восемь сверхкрупных танкеров класса VLCC (1 270 000 брт) против 11 в 1999 г. (1 741 000 брт).

В то же время число заказанных газовозов возросло: типа LPG — с восьми до 17 (соответственно 159 000 брт и 284 000 брт), типа LNG — с одного до пяти (109 000 брт и 516 000 брт).

Количество танкеров-продуктовозов и химовозов сократилось соответственно с 11 до восьми (345 000

мощь заказанных судов была 33 790 000 брт, а суммарный портфель в 1974 г. превышал нынешний мировой — 50 100 000 брт. Наименьший уровень зарегистрирован в 1987 г. — 4 500 000 брт.

В течение 2000 г. японские верфи заложили на стапелях 288 судов (9 930 000 брт или 80,2% от 1999 г.), спустили на воду 315 судов (11 585 000 брт — 102,6%) и завершили постройку 323 судов (12 112 000 брт — 110,2%).

Объем продаж 18 судостроительных компаний, входящих в Ассоциацию судостроителей Японии, в 2000 финансовом году равнялся 6890 млрд иен (+1%). При этом на долю судостроения, судоремонта и переоборудования судов приходилось всего 19%; остальное относилось к неморскому бизнесу. Для семи крупнейших компаний эта цифра еще меньше — 12%; в то же время для 11 средних компаний судостроение и судоремонт — основная деятельность (91%).

Общая стоимость судоремонтных работ на японских верфях в 2000 г. (финансовом) составила 111 млрд иен (-3,5%) — это наименьший уровень с 1981 г. (324 млрд иен).

Японское судовое машиностроение, а это 741 предприятие с 33 000 рабочих, имело в 2000 г. объем продаж в сумме 722,2 млрд иен (-3,4%). Наибольший вклад обеспечили двигатели — 36,7%, затем следуют запасные части и дополнительное оборудование к ним (22,1%), вентили, трубопроводная арматура, спасательное и противопожарное оборудование (13,4%), электрогенераторы, насосы и другое вспомогательное оборудование (9,1%), навигационные приборы и системы (6,7%), швартовные и грузовые устройства (5,9%), валы и гребные винты (4,3%). Экспортные поставки составили 194,7 млрд иен, или 27% от общего дохода (+9,2%). Это, в основном, двигатели (60,9%), средства навигации (13,3%), запчасти (12,1%) и вспомогательное оборудование (6,9%). Объем импортного судового оборудования был на поря-



Скоростной транспортный катамаран проекта TSL

роителей, — 6 592 000 брт (+77,4%) или 14,3%, Южной Кореи — 20 791 000 брт (+75,6%) или 45,1%.

Согласно статистическим данным японского правительства, учитывающим суда вместимостью 2500 брт и выше (исключая пассажирские), в 2000 г. японские верфи получили заказы на 331 судно (+19,9%) суммарной вместимостью

и 260 000 брт) и с 23 до 16 (268 000 и 176 000 брт).

Подавляющее число новых заказов приходилось на иностранных судовладельцев — 11 482 000 брт или 99,1%.

С учетом заключенных до 2000 г. контрактов портфель японских верфей в 2000 г. достигал 16 000 000 брт. Рекордным же годом был 1973 г. — тогдамести-

док меньше, 25,3 млрд иен (+19,3%), и на 40% касался арматуры.

По данным Lloyd Register вместимость заказанных в январе—июне 2001 г. в мире новых судов составила 21 833 000 брт, в том числе на Японию приходился наибольший объем — 8 862 000 брт (40,5%), Южную Корею — 7 485 000 брт (34,2%), Западную Европу — 2 469 000 брт (11,3%). С учетом ранее полученных заказов в портфеле японских верфей на конец июня значилось 376 судов вместимостью 16 355 000 брт (+11,9% к июню 2000 г.), из них 362 судна (16 058 000 брт) — на экспорт.

В 2001 г. в результате реорганизации Министерства транспорта Японии было образовано Министерство земель, инфраструктуры и транспорта (Ministry of Land, Infrastructure and Transport — MLIT), в составе которого есть Морское бюро и Судостроительный отдел (www.mlit.go.jp).

Морское бюро MLIT предпринимает необходимые меры для развития судоходства, судостроения и смежных отраслей промышленности, включая научные исследования, разработку передовых технологий, введение правил и нормативов для обеспечения безопасности судов и защиты окружающей среды, а также проведение инспекций на судах (в частности, по тоннажу) и международное сотрудничество.

По оценкам MLIT, в настоящее время международный судостроительный рынок морских судов характеризуется относительной стабилизацией. Однако тенденция расширения судостроительных мощностей в некоторых «новых» судостроительных странах, видимо, будет сохраняться, наряду с повышением производительности труда на верфях традиционных лидеров судостроения. Поэтому есть опасение, что существующий разрыв между предложением и спросом может увеличиться в ближайшем будущем, в том числе из-за роста конкуренции в мире среди верфей. Более того, перспективы торгового судоходства, а стало быть и стабильности в судостроении, по мнению MLIT, становятся туманными по мере возможного медленного спада в экономике США и ослабления танкерного рынка. В этой связи еще более повысится значение ценовой конкуренции на новые суда. В то же вре-



Проектный вариант плавучего аэродрома, созданного по технологии Mega-Float

мя возрастает значение новых областей деятельности для судостроителей, внедрения технологий нового поколения; для японских верфей — это, например, проекты Techno Superliner (TSL) и Mega-Float.

Научно-исследовательские работы по проекту TSL — скоростного транспортного катамарана, способного перевозить грузы общей массой 1000 т со скоростью 50 уз на расстояние свыше 500 миль — проводились в 1989—1995 гг. В итоге были построены два крупных прототипа («модели») — «Hisho» и «Hayate», которые прошли испытания в море в 1995 г. В следующем году Министерство транспорта провело исследование проблем, которые надо решить, чтобы начать коммерческую эксплуатацию. Один из прототипов превращается в 1997 г. в автомобильный паром, названный «Kibo», имеющий возможность выполнения и спасательных работ. В 2000 г. он совершил первый международный рейс в Шанхай. Первые коммерческие рейсы намечены на 2004 г. на внутренних линиях.

Исследовательские работы по проекту Mega-Float, нацеленному на создание сверхкрупных плавучих объектов, начались в 1995 г. В июле следующего года была построена экспериментальная плавконтструкция длиной 300 и шириной 60 м, а в 1997 г. отработана базовая технология создания таких объектов. Продолжение работ по этому проекту вылилось в постройку в августе 1998 г. плавучей «модели» аэ-

родрома длиной 1000 м, на которой стали отрабатывать взлет и посадку настоящих самолетов. В марте 2001 г. специалисты MLIT пришли к заключению, что создание плавучего аэродрома длиной до 4000 м технически возможно. Срок его эксплуатации может быть 100 лет.

Ассоциация судостроителей Японии уже предложила MLIT построить подобный аэродром длиной 2500 м в рамках планируемого расширения токийского аэропорта Haneda.

В последнее время в судостроении Японии наблюдаются реорганизационные процессы, направленные на снижение издержек, повышение конкурентоспособности. В 1999 г. Министерство транспорта Японии в связи с ростом конкуренции на международном рынке новых судов образовало группу экспертов, которые должны были проанализировать ситуацию и выработать рекомендации по структурным преобразованиям в отрасли. Очевидно, некоторые из них сейчас осуществляются. Так, Hitachi Zosen Corp и NKK Corp намеревались к октябрю 2002 г. объединить судостроительную деятельность в единой компании Universal Shipbuilding Corp с распределением акций 50:50. Она станет второй по величине, после Mitsubishi Heavy Industries, судостроительной компанией Японии с капиталом 430 млн дол. и планируемым объемом продаж 1,18 млрд дол. в год. Военным и гражданским судостроением в ней будут заниматься отдельные подраз-

деления — соответственно Defense Equipment Division и Ship and Offshore Structure Division.

Kawasaki Heavy Industries планировала к 1 октября 2002 г. выделить судостроение в самостоятельную компанию Kawasaki Shipbuilding Corp, нацеленную на постройку сложных кораблей, таких как подводные лодки и газозовы. Численность работников в ней составит 1750 чел.

Дочернюю компанию, занимающуюся только коммерческим судостроением, намерен создать концерн Sumitomo Heavy Industries, а его военное кораблестроение будет объединено с таковым концерна Ishikawajima-Harima Heavy Industries в новой создаваемой компании.

Что же касается более мелких судостроительных предприятий, которые в основном строят суда при-

брежного плавания, то на их деятельность отрицательно влияет стагнация японской экономики. Здесь предложены три основных направления улучшения ситуации: укрепление менеджмента на основе закона о реформировании малых и средних предприятий (Law for Supporting Reforms of Small- and Medium-sized Enterprises); создание новых потребностей, в частности, ускорение замены находящихся в собственности государства судов на новые; стабилизация рабочей силы, в том числе путем переподготовки и повышения квалификации персонала.

По данным на апрель 2001 г. суммарное число рабочих и служащих в японском судостроении было 120 000, в том числе непосредственно на верфях — 48 000 чел. Средний возраст превышает 40 лет. Как отме-

чается, для привлечения молодежи требуется улучшение условий труда. Ставка делается на компьютеризацию (CAD/CAM) с целью, в частности, решения проблемы нехватки высококвалифицированных рабочих и, в то же время, роста производительности. Конечная цель — интегрированные компьютерные системы (CIM) с использованием наиболее эффективных информационных технологий, включая CALS. Наибольшая численность рабочей силы в судостроении Японии приходилась на 1974 г. — 361 000 чел. (на верфях — 184 000).

(Shipbuilding in Japan, 2001; Ship & Ocean Foundation. Tokyo, 2001; Jsmea News. 2002/N 84. Winter; New Ships, 2002).

А. Н. Хаустов

КАК СТАТЬ ЧЕМПИОНОМ

После публикации статьи «Судомодельный спорт в Приморье» («Судостроение», 2000 г., № 1) в адрес ее автора пришло много писем. Читатели журнала, занимающиеся судомодельным спортом, чаще всего спрашивали, как же достичь высоких и стабильных результатов в скоростном кордовом судомоделизме? В данной статье автор попытался в сжатой форме ответить на этот и другие вопросы.

Прежде всего, судомоделисты должны хорошо знать теорию корабля, судовые движители, двигатели внутреннего сгорания и обладать инженерной интуицией. Однако правильно спроектированная, построенная и испытанная модель не всегда показывает высокий спортивный результат на соревнованиях. Причины нестабильности выступлений спортсменов можно разделить на две категории: не зависящие от качества проекта и постройки модели, частоты вращения и мощности установленного на ней двигателя и причины, связанные с неправильными действиями спортсмена при подготовке модели к соревнованиям.

Тренировки и соревнования во Владивостоке обычно проводят на озере, таком же как в Брянске, где ежегодно организовываются чемпионаты России. Оба водоема невелики по площади, расположены в низине, по их периметру растут камыш и высокие деревья, кроны которых укрывают водную поверхность от

ветровой волны. Камыш и трава у берега являются естественными поглотителями волн, которые создаются моделью при движении. Такие условия позволяют модели развить наивысшую скорость. Именно в Брянске было установлено несколько высших мировых достижений в классах скоростных кордовых моделей.

Организаторы крупнейших международных соревнований, чемпионатов Европы и мира для привлечения зрителей место стартов выбирают на больших водоемах с ветровой и отбойной волной. В таких случаях спортсмен вынужден перестраивать модель для конкретных условий и показывает худший результат, по сравнению с домашним, а часто переналаженная модель не стартует и демонстрирует нулевой результат.

Для исключения последнего, как правило, строят две модели: одну для гладкой воды, другую для взволнованной. Правила соревно-

ваний не запрещают спортсмену иметь две модели в одном классе и менять их в зависимости от состояния водной поверхности на старте, но запрещают использовать свою топливную смесь для двигателя модели. Это обстоятельство является еще одной причиной плохого либо нулевого результата, потому что правила не оговаривают качество компонентов топлива, которое часто оказывается хуже того, на котором спортсмен тренировался дома. Провоз легковоспламеняющегося топлива, состоящего из 80% метилового спирта и 20% касторового масла, запрещен на всех видах транспорта, и спортсмен вынужден использовать топливо, которое предлагает организатор соревнований. Местные спортсмены оказываются в лучших условиях в связи с тем, что топливо для их моделей на тренировках, когда проходила наладка моделей, и на соревнованиях одного качества.

Чтобы избежать возможности плохого выступления на соревнованиях нужно за 2—3 дня до их начала провести цикл тренировок и переналадку моделей на местное топливо. Но для этого нужны дополнительные финансовые средства. Поэтому назрела необходимость

дополнить правила соревнований требованиями к качеству топлива, его стандартизации.

В ряде случаев причинами нестабильности выступления спортсмена на соревнованиях являются его собственные недоработки.

Для повышения удельной мощности модели (отношение массы модели к мощности микродвигателя) применяются новые технологии постройки с использованием современных материалов. При уменьшении массы модели возникает нестабильность ее движения на дистанции вследствие дисбаланса возникающих сил и моментов. Добиться стабильного движения модели на дистанции можно, если установить причины и принять соответствующие меры. Рассмотрим их более подробно.

1. Если при достижении определенной скорости модель взлетает, то причин возникновения этого явления может быть несколько: ось гребного винта имеет отрицательный угол, поэтому при движении модели ее кормовая часть заглубляется и на корпус начинают действовать избыточные аэродинамические силы; антикрыло (кормовой стабилизатор) имеет чрезмерный отрицательный угол, который приводит к тем же последствиям; подъем внутреннего поплавка над водой выше наружного (динамическая несбалансированность масс по длине модели), в результате угол атаки корпуса модели увеличивается (устранить динамический угол дифферента можно за счет перемещения места крепления «уздечки» корда по высоте); несущие поверхности поплавков имеют большую площадь; угол атаки несущих поверхностей поплавков завышен; гребной винт при работе образует силы, притапливающие корму (в этом случае необходимо изменить осевую погибь лопастей винта).

2. Если модель заныряет со старта, то необходимо: увеличить несущую поверхность поплавков; увеличить угол атаки несущих поверхностей поплавков; уменьшить положительный угол оси гребного винта.

3. Для устранения занырявания модели после окончания набора скорости нужно: изменить форму верхней части носовой оконечности модели так, чтобы уменьшить аэродинамические силы сопротивления модели; установить крыло на перед-



Команда судомоделистов Владивостока на чемпионате Европы в Нюрнберге

ней траверсе поплавков (либо на капоте модели), площадь и угол атаки которого подбираются экспериментально до устранения занырявания; увеличить угол атаки несущей поверхности поплавков.

4. При занырявании модели после окончания работы двигателя необходимо заменить пару двигателя (поршень—цилиндр) на более слабую (меньшей компрессии).

5. «Рыскливость» модели (т. е. неустойчивое движение относительно траектории движения) в горизонтальной плоскости свидетельствует о том, что динамический центр массы модели переместился в нос. Для устранения этого необходимо удлинить носовую ветвь «уздечки» либо укоротить кормовую до исчезновения «рыскливости».

6. Модель не принимает старта в случае, если: тяжелый гребной винт (нужно уменьшить шаг винта, его диаметр либо дисковое отношение); двигатель не отрегулирован (малая компрессия, малая степень сжатия, плохо работает свеча накаливания, некачественное топливо); не работает система подачи топлива (прочистить и отрегулировать); засорены проходные отверстия глушителя (прочистить глушитель).

Для увеличения мощности и частоты вращения двигателей судо-

моделистами постоянно ведется поиск в направлении улучшения параметров газораспределения и газодинамики, применения новых материалов для изготовления двигателя, разработки более эффективных резонансных труб и глушителей, внедрения в практику новейших технологий. После завершения модернизации двигателя его испытывают на специальных стендах, где выполняются замеры частоты вращения и мощности, по их результатам строится внешняя характеристика двигателя, параметры которой необходимы для расчета характеристик гребного винта.

Отработанный на стенде двигатель устанавливается на модель, и она вновь должна регулироваться при испытании на водном полигоне. В результате длительных тренировок у модели могут возникнуть различного рода неисправности, поэтому ее необходимо разобрать и провести тщательную ревизию всех узлов и агрегатов. После этого модель собирается, она готова к предстоящим стартам.

Для успешного выступления на соревнованиях спортсмен должен вести учет и анализ состояния воздушной среды (атмосферное давление, температура и влажность воздуха), соизмеряя ее параметры со сте-

пенью сжатия двигателя, длиной резонансной трубы, геометрическими характеристиками гребного винта и скоростью модели. Все эти данные необходимо фиксировать на тренировках и соревнованиях в спортивном дневнике, анализ данных позволит спортсмену быстро и правильно определиться с выбором степени сжатия, длины трубы и гребного винта для конкретных погодных условий проведения стартов.

Можно ли всегда заканчивать соревнования с хорошими результатами? Прогнозирование спортивных результатов возможно при соблюдении следующих условий.

1. Уровень подготовки спортсмена к соревнованиям должен быть высоким и соответствовать уровню соревнований. Эта задача решается как самим спортсменом, так и его

тренером, который должен иметь большой опыт работы в данном виде спорта.

2. Фактор случайности должен быть сведен к минимуму либо вообще исключен. Для решения этой задачи необходимо: иметь две модели — на ровную и взволнованную воду; стартовать только на качественном топливе; после каждого заезда проводить ревизию всех деталей модели; в период соревнований необходимо отказаться от любой модернизации модели и ее переналадки; обязательно пользоваться спортивным дневником для учета изменения состояния атмосферы; до соревнований нужно иметь сведения о месте соревнований, погодных условиях, составе соперников и их спортивных результатах.

Судомоделисты Владивостока используют эти рекомендации и занимают высокие места в соревнованиях. Вот результаты последних выступлений: Открытый чемпионат России 2000 г. (Брянск, 2—6 июля) — первое общекомандное место, в личном зачете 3 золотых, 4 серебряных, 4 бронзовых медали; чемпионат Европы 2000 г. (Нюрнберг, Германия, 10—17 сентября) — 3 золотых, 3 серебряных и 2 бронзовых медали; Открытый чемпионат России 2001 г. (Брянск, 4—9 июля) — третье общекомандное место, 4 золотых и 2 серебряных медали; чемпионат мира 2001 г. (Стара Загора, Болгария, 19—25 августа) — 2 чемпиона мира, 3 серебряных и 2 бронзовых призера.

В. А. Субботин, профессор МГУ им. адмирала Г. И. Невельского, заслуженный тренер России

КОНГРЕСС СУДОСТРОИТЕЛЕЙ В ЯПОНИИ

21—23 мая 2002 г. в г. Кобе (Япония) состоялся Азиатско-Тихоокеанский морской конгресс (Asia Pacific Maritime Congress — APMC), посвященный 90-летию Общества корабельных инженеров Японии (Kansai Society of Naval Architects; это не единственное в Японии подобное общество). В рамках конгресса прошло несколько мероприятий. В частности, состоялись три технических симпозиума: «Новые судостроительные технологии» (The Third Conference for New Ship and Marine Technology — New S-Tech), «Технический обмен в области морских конструкций» (The Sixteenth Asian-Pacific Technical Exchange and Advisory Meeting on Marine Structures — TEAM'2002) и «Морская гидродинамика» (Asia Pacific Workshop on Marine Hydrodynamics — APHydro). Все три симпозиума проходили в Центре международных конференций. От России в работе двух последних симпозиумов приняли участие авторы данной статьи. Поездка стала возможной во многом благодаря принимающей стороне, взявшей на себя значительную часть расходов.

В числе мероприятий конгресса были также симпозиумы «Шельфовая и полярная техника» (The 12th International Offshore and Polar

Engineering Conference & Exhibition — ISOPE-2002) в Китаюсю и «Техно-Океан» (Techno-Ocean 2002 International Symposium) в Кобе.

Остановимся вкратце на истории симпозиумов (конференций) TEAM и APHydro.

Первая встреча (TEAM I) состоялась по инициативе проф. Мано (M. Mano, Japan) и г-на Муна (J. S. Moon, South Korea) в июле 1987 г. Она имела цель расширить связи между корейскими и японскими корабельными инженерами, особенно молодыми, обмениваться информацией, преимущественно практического характера, представляющей интерес для верфей, и была неофициальной. В ней приняло участие 14 представителей Республики Корея и 4 — Японии. Впоследствии такие встречи стали проходить ежегодно, вначале поочередно в этих двух странах. В 1994 г. и 1999 г. они состоялись на Тайване, а в 1997 г. — в Сингапуре. Постепенно расширялся состав участников: в 1996 г. в симпозиуме впервые приняли участие представители России (ДВГТУ), Канады и США. С 1996 г. TEAM стала официальной конференцией. Ее отличительные особенности: практичность и привлекательность для верфей, дух товарищества и дружбы между корабельными инженерами

различных стран, технические туры на верфи. В сентябре 2000 г. очередная конференция TEAM'2000 прошла в России, во Владивостоке. В ней приняли участие представители Японии, Республики Корея, Тайваня, Украины и России. Общее число участников — порядка 100 чел., из них около 30 — зарубежные. Для проведения конференций TEAM сформирован международный оргкомитет, включающий по два представителя от каждой страны-участницы, технический комитет; перед каждой конференцией создается местный оргкомитет. В состав международного оргкомитета TEAM'2000 входили 9 представителей из 5 стран; возглавлял его ректор ДВГТУ проф. Г. П. Турмов.

TEAM'2002 — уже 16-я по счету. Международный оргкомитет возглавил профессор Фукасава (T. Fukasawa, Kanazawa Institute of Technology, Japan), международный технический комитет — проф. Ясузава (Kyushu University, Japan), местный оргкомитет — проф. Томита (Y. Tomita, Osaka University, Japan). После торжественного открытия и оглашения приветственных адресов выступил проф. Я. Окумото (Kinki University, Japan) с докладом о проектировании и судостроительном производстве.

ESAB – мировая сварка!

ESAB - мировой лидер по производству оборудования для всех видов сварки и резки металлов, крупнейший производитель сварочных материалов и технологий.

Концерн **ESAB** поддерживает легендарное шведское качество оборудования и материалов.

ESAB – незаменимый поставщик и партнер предприятий всех отраслей промышленности, имеющий 40-летний опыт работы в России.

ESAB



ESAB производит и поставляет:

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

В Санкт-Петербурге производственная компания ЗАО "ЕСАБ-СВЭЛ" выпускает электроды российских и шведских марок на оборудовании, из материалов, по технологиям и стандартам качества ЭСАБ.

ООО "ЭСАБ"

119048, Москва, ул. Усачева, 33/2, стр. 6
тел. +7 095 937 95 81, факс +7 095 937 95 80 E-mail: esab@esab.ru

Филиал ООО "ЭСАБ"

197101, Санкт-Петербург, ул. Дивенская, 3
тел. +7 812 325 66 88 факс +7 812 325 37 66 E-mail: spb.sales@esab.se

Представительство ООО "ЭСАБ"

620014, г. Екатеринбург, ул. Антона Валека, 15, оф. 511
тел./факс +7 3432 65 83 82 E-mail: esab@bcforum.ru

www.esab.com www.esab.ru



Дальнейшая работа проходила по секциям: 1) внешних и внутренних нагрузок на суда и морские сооружения; 2) конструкции и прочности судов и морских сооружений; 3) методов и критериев проектирования судов и морских сооружений; 4) CAD/CAM/СІМ в судостроении; 5) проблемы шума и вибрации; 6) усталость и разрушение; 7) проблемы сооружений для шельфа. В программу конференции было включено 40 докладов специалистов Японии, Республики Корея, России (6 докладов, в том числе 5 — из ДВГТУ), Тайваня и Норвегии. 21 мая был проведен технический тур с посещением крупнейшего в мире синхротрона Spring-8 и моста Akashi Kaikyo Bridge, пролет которого является самым длинным в мире (1991 м).

APHydro — первая конференция такого профиля в Японии. Ей предшествовал 4-й коллоквиум по мореходности судов (Fourth Osaka Colloquium on Seakeeping Performance of Ships — ОС2000). Первый такой коллоквиум был организован профессором Танака (I. Tanaka, университет г. Осака) в 1985 г. по проблемам обтекания судов вязкой жидкостью. Последующие коллоквиумы по аналогичной тематике состоялись в 1991 и 1998 г. Программа 4-го коллоквиума включала 59 докладов. В его работе приняло участие 105 специалистов из 18 стран. Зарубежных участников было зарегистрировано 35, они представляли Австралию, Бельгию, Болгарию, Китай и Тайвань, Финляндию, Грецию, Италию, Южную Корею, Малайзию, Норвегию, Россию, Испанию, Швецию, Нидерланды, Великобританию и США. От России в работе коллоквиума участвовали 2 чел., благодаря тому, что основную часть расходов на поездку взял на себя его оргкомитет. По

завершении работы коллоквиума было принято решение провести в 2002 г. конференцию APHydro. В состав международного оргкомитета, который возглавил проф. Икеда (Y. Ikeda, Osaka Prefecture University, Japan), от России был включен С. В. Антоненко (ДВГТУ).

Работа APHydro проходила в следующих секциях: 1) сопротивление; 2) остойчивость; 3) волновые поля; 4) измерения потоков жидкости; 5) маневренность; 6) мореходность; 7) экспериментальные трудности и новые подходы; 8) судовые двигатели; 9) плавучие сооружения; 10) океанская среда. Всего программа включала 49 докладов представителей Японии, Республики Корея, Китая и Тайваня, Австралии, Италии, Великобритании, Канады и Малайзии. Общее число участников составило 128 специалистов (из них 28 зарубежных) и около 100 студентов. Россия была представлена двумя докладами, кроме того, один доклад был прочитан сверх программы. В фойе были выставлены студенческие стендовые доклады, лучшие из которых отметили специальными призами.

После окончания конференции руководство оргкомитета разослало его членам письма с просьбой отметить лучшие, по их мнению, доклады с целью последующего поощрения участников.

23 мая, в последний день работы конгресса, состоялся Азиатский морской форум (Asia Maritime Forum). В его работе приняли участие представители 10 научно-технических организаций стран Азиатско-Тихоокеанского региона. Форум открыл президент KSNAJ проф. Химено (Y. Himeno). Были зачитаны приветствия от различных организаций, от России выступил К. В. Грибов (НИЭИ). Ряд активных деятелей KSNAJ

наградили грамотами. Была принята декларация, которую от имени России подписал проф. С. В. Антоненко. Затем с лекцией о развитии стран Азиатско-Тихоокеанского региона выступил проф. Кавакацу (H. Kawakatsu). После окончания официальных мероприятий для участников форума был устроен банкет.

Декларация включает три раздела. Первый раздел посвящен океанскому судоходству, издавна способствующему связям между народами, культурному и технологическому обмену, роли морского транспорта для стран, расположенных на азиатских берегах. Во втором разделе говорится о необходимости развития морской техники для использования ресурсов океана, обладающего большим потенциалом как источник энергии и продовольствия для человечества. Азиатские страны принимают активное участие в развитии мирового судостроения. Необходима международная кооперация в области судоходства, судостроения и создания техники освоения океана. Наконец, в третьем разделе говорится о создании новой ассоциации морской техники в Азиатско-Тихоокеанском регионе. Среди целей ассоциации — содействие интеграции в судостроении и морских технологиях; обмен научной информацией и специалистами; повышение статуса морских инженеров. Провозглашается развитие связей и кооперации между различными организациями азиатских стран, занимающимися морской техникой.

С. В. Антоненко, докт. техн. наук,
проф. ДВГТУ,

К. П. Горбачев, докт. техн. наук,
проф. ДВГТУ,

К. В. Грибов, канд. техн. наук,
директор Находкинского инженерно-экономического института — филиала ДВГТУ

ПАМЯТИ А. М. ПОДСУШНОГО

5 августа 2002 г. на 83-м году ушел из жизни Алексей Мефодьевич Подсушный — выдающийся педагог и ученый, академик Международной академии наук нетрадиционных технологий, почетный член НТО судостроителей им. академика А. Н. Крылова, почетный профессор Дальневосточного государственного технического университета.

Участник Великой Отечественной войны Алексей Мефодьевич всю свою трудовую жизнь связал с Дальневосточным политехническим институтом (ныне Дальневосточный государственный технический университет). Более 15 лет он заведовал кафедрой судовых турбинных установок, возглавлял секцию НТО, был членом Научно-технического совета при Приморском краевом комитете. Являясь одним из ведущих специалистов в области судовых энергетических установок, автором более 370 научных трудов, А. М. Подсушный создал школу морской энергетики на Дальнем Востоке, в которой насчитывается более 20 докторов наук и свыше 100 кандидатов наук. В течение многих лет он был членом представительства журнала «Судостроение» в Дальневосточном регионе. Заслуги А. М. Подсушного перед государством отмечены орденами и медалями.

Светлая память об Алексее Мефодьевиче Подсушном навсегда сохранится в сердцах его друзей, коллег по работе, учеников и всех, кто его знал.

Дальневосточный государственный технический университет

ЗАРУБЕЖНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Террористическая атака на США 11 сентября 2001 г. повлекла за собой существенное снижение цен на новые суда на мировом рынке. Если в марте 2001 г. танкер класса VLCC дедевейтом 300 000 т по данным брокерской фирмы Clarkson стоил 77 млн дол., то в сентябре его можно было заказать за 74 млн, в декабре — за 70 млн, а в марте 2002 г. — за 68,5 млн. Цена на танкер типа «Suezmax» дедевейтом 150 000 т изменялась с 52,25 млн дол. в марте до 46,5 млн в декабре 2001 г. и 45,5 млн в марте 2002 г. Соответствующие цены на танкер типа «Aframax» дедевейтом 110 000 т — 42,5; 36 и 35,3 млн дол.; контейнеровоз на 3500 TEU — 42, 36 и 34 млн дол.; газовоз (LNG) — 172,5, 165 и 160 млн дол.

Заказ стоимостью 32 млн дол. на сооружение вертикального судоподъемника на индийской военно-морской базе (Karmar, Goa) получила фирма Syncrolift, входящая в концерн Rolls-Royce. Судоподъемник, который позволит поднимать из воды корабль массой до 10 000 т, должен вступить в эксплуатацию в конце 2004 г.

Южнокорейская верфь Shin-A Shipbuilding построит для греческой компании Ancora Investment танкер-продуктовоз дедевейтом 37 000 т. Судно стоимостью 25,5 млн дол. будет сдано в третьем квартале 2004 г.

Совет министров промышленности стран ЕС проголосовал за решение государственных субсидий верфям с октября 2002 г. Это будет касаться контрактов на постройку контейнеровозов, танкеров-продуктовозов и химовозов. Финансовая помощь (6% от контрактной цены) судостроителям возобновится, если Южная Корея будет и далее игнорировать требование ЕС прекратить незаконные, по мнению европейцев, дотации своим верфям, позволяющие южнокорейцам предлагать новые суда, как полагают, ниже их реальной себестоимости. Однако не все в Европе поддерживают этот шаг. С совместным заявлением, осуждающим субсидии, выступили Великобритания, Нидерланды, Швеция, Финляндия и Дания.

Финская паромная компания Birka Line заказала паром на 1800

пассажиров верфи Aker Finnyards. Судно стоимостью 130 млн евро будет иметь длину 170 м и 11 палуб. Паром должен отправиться в свой первый рейс на линии Аландские острова—Стокгольм во второй половине 2004 г.

Французская верфь DCN достигла соглашения с Индией о поставке шести подводных лодок типа «Scorpene» — подписание соответствующего контракта намечалось этой осенью. Планируется передача технологии лодок на индийской верфи Mazagon Dock.

35,9 млн евро планирует выделить немецкое правительство из бюджетных средств на создание нового противоминного корабля, на вооружении которого будет дистанционно управляемый аппарат для обнаружения и уничтожения мин. Заказ, вероятнее всего, будет выдан верфям Lursen и Abeking & Rasmussen, а также электронной фирме STN Atlas Elektronik и концерну EADS.

Две японские верфи — Shin Kurushima Dockyard и Imabari Shipbuilding — основные претенденты на получение заказа от японской компании NYK на постройку четырех автомобилевозов вместимостью по 6400 машин, развивающих скорость 20 уз. Каждое судно стоит около 37,5 млн дол. Автомобилевозы должны быть построены в 2004 г.

Четыре балкера дедевейтом по 170 000 т построит южнокорейская верфь Hyundai Heavy Industries для греческой компании Transmed Shipping. Стоимость каждого — 36 млн дол., срок сдачи — 2004 г.

Шведская верфь Kockums выполняет контракт объемом 80 млн шведских крон, относящийся к проектной стадии программы модернизации подводных флотов Швеции, Дании и Норвегии. В этой программе, названной «Viking», участвуют также верфь Odense (Дания) и фирма Kongsberg Defence & Aerospace (Норвегия). Свою часть проекта Kockums должна завершить к 2003 г.

Две подводные лодки типа «Scorpene», заказанные Чилийскими ВМС, будут построены французской государственной верфью DCN совместно с испанской судостроитель-

ной группой верфей Izar (образована в результате слияния AESA и Bazan). Основные работы будут выполнены в Шербуре, а насыщение кормовых отсеков проведут на испанской верфи в Картахене. Ходовые испытания 1700-тонной головной лодки длиной 66,4 м должны начаться в октябре 2003 г., а ее сдача намечена на апрель 2004 г. Вторая лодка будет готова на год позже. Лодки будут оснащены французскими воздухонезависимыми энергетическими установками, которые обеспечат им подводное плавание в течение 18 сут.

Бельгийская компания Transpetrol заключила контракт с южнокорейской верфью STX Shipbuilding (бывш. Daedong Shipbuilding) на постройку двух танкеров-продуктовозов дедевейтом по 45 000 т стоимостью 27 млн дол. каждый. Суда будут сданы заказчику летом 2004 г.

Итальянский парламент одобрил долгосрочную программу стоимостью 5,68 млрд евро по созданию 10 фрегатов нового поколения в 2008—2018 гг. Корабль этого типа должен иметь водоизмещение свыше 5000 т, длину 135 м, скорость 27 уз и дальность плавания 6000 миль (при 18 уз). Вооружение — 1х127 мм и 2х76 мм артиллерия, ракеты, вертолет. Экипаж — 130 чел. Четыре фрегата в серии будут специализированы на борьбу с подводными лодками. Рабочие чертежи кораблей, разрабатываемые итальянской судостроительной группой верфей Fincantieri, должны быть завершены к 2004 г.

Южная Корея планирует дальнейшее увеличение своей доли на мировом рынке судостроительной продукции с 32% в 2001 г. примерно до 40% к 2010 г. По данным Министерства торговли, промышленности и энергетики страны, южнокорейские судостроители будут стремиться получить заказы на более выгодные в финансовом отношении суда, такие как газовозы, супертанкеры, контейнеровозы, паромы и круизные лайнеры. Если в 2001 г. такие типы судов составляли около 13%, то к 2010 г. их доля должна возрасти до 35%. На поддержку отрасли для достижения этих целей, в том числе развитие компьютерных систем, правительство планирует выделить около 170 млн дол. в течение ближайших 10 лет (New Ships. 2002).

ИСТОРИЯ СУДОСТРОЕНИЯ

«ВОЛГАРЬ ДОБРОВОЛЕЦ»

И. И. Черников

Весной 1918 г. гражданская война разгорелась в Нижнем и Среднем Поволжье. В мае восставший чехословацкий корпус захватил Сызрань, а 8 июня пала Самара. Затем он и белогвардейцы двинулись вверх по Волге с намерением захватить Нижний Новгород, а затем предпринять наступление на Москву.

Для организации отпора противнику и защиты волжской магистрали в июне 1918 г. началось формирование Волжской военной флотилии с базой в Нижнем Новгороде. К 12 июля на заводах «Нижегородский теплоход» и «Сормово» удалось вооружить артиллерией и пулеметами пароходы «Кабестан» и «Царицын», которые сразу же были отправлены на фронт под Казань. Флотилия росла довольно быстро, и в октябре в ее корабельный состав зачислили «вооруженный пароход» «Волгарь Доброволец».

История мобилизации этого корабля не совсем обычна. Помощник капитана пассажирского парохода «Князь Юрий Суздальский» А. С. Леонтьев обратился в Нижегородский губком РКП(б) с просьбой укомплектовать один вооруженный пароход флотилии экипажем из добровольцев-водников. Инициативу поддержали, но предложили Леонтьеву самостоятельно подыскать подходящий пароход. Дело в том, что многие буксиры уже были мобилизованы Волжской военной флотилией, а оставшиеся с трудом справлялись с необходимыми военными перевозками. Но было известно, что часть пароходов судовладельцы прятали «до лучших времен» в тихих протоках и заводях. Леонтьеву удалось найти на р. Сейма совсем новый теплоход «Матвей Башкиров», который на буксире отправили для переоборудования в Нижний Новгород [1].

Буксирный винтовой теплоход «Матвей Башкиров» был построен Коломенским заводом в 1915 г. Его водоизмещение составляло 516 т; максимальная длина и ширина — соответственно 57,7 и 8,9 м; высота

борта и осадка — 3,05 и 1,5 м, скорость хода — 11,7 уз.

Обшивка корпуса и палуба были стальные. Шпангоуты и бимсы изготавливались из уголкового профиля. Поперечными переборками корпус делился на семь отсеков.

Два главных четырехцилиндровых четырехтактных двигателя системы «Коломна-Дизель» суммарной мощностью 800 л. с. располагались на клепаных фундаментах параллельно продольной оси судна. Пуск двигателей осуществлялся сжатым воздухом, для этого имелся компрессор с паровым приводом и баллоны, рассчитанные на рабочее давление 5 кгс/см². Электрический ток для освещения судна вырабатывался двумя дизель-генераторами, расположенными в машинном отделении.

Теплоход был оборудован вспомогательным паровым котлом с площадью нагревательной поверхности 13 м² и давлением пара 5 кгс/см². Кроме парового отопления жилых и служебных помещений, согревания воды в ваннах и снабжения паром системы паротушения, разветвленной по всем отсекам, от парового котла работал небольшой пожарный насос Вортингтона, который постоянно держал под давлением пожарный трубопровод теплохода. В помощь этому насосу мог действовать электрический осушительный центробежный насос. Для откачки воды во всех отсеках имелись 102-мм отростки от магистрали.

Брашпиль для подъема якорей Холла и рулевая машина работали от сжатого воздуха, но автоматически переключались на пар, как только давление воздуха становилось ниже давления пара в котле. Запас нефти в 86,8 т для работы двигателей и котла размещался в бортовых цистернах пятого отсека (нумерация отсеков, также как и шпангоутов, с кормы в нос). В третьем отсеке имелись цистерны для масла и воды.

14 сентября завод «Нижегородский теплоход» приступил к работам по переоборудованию теплохо-

да. К 4 октября предполагалось забронировать жизненно важные части судна и вооружить его двумя 102-мм пушками.

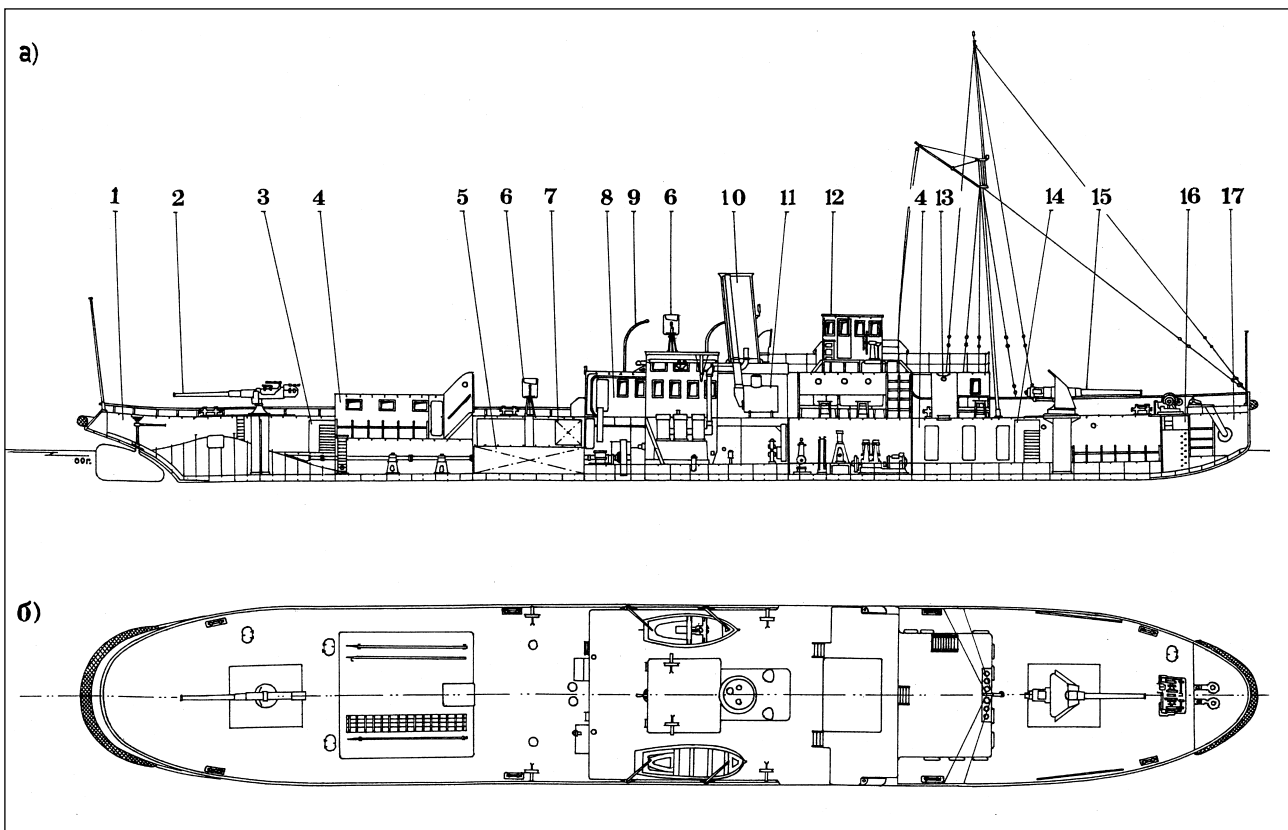
Для удобства действий орудиями часть носовой деревянной надстройки, фок-мачту и козырек фальшборта у форштевня сняли. В корме частично разобрали фонарь над жилым помещением и перестлали палубу — подкрепления под орудия изготавливались в виде железных клепаных барабанов. В районе расположения фундаментов пришлось переделать трубопроводы систем: осушения, паротушения и пожарной, штоки приводов которой с верхней палубы также были перенесены на новые места.

Погреб боезапаса оборудовали в машинной кладовой и в кормовом помещении. Стеллажи рядов огородили выгородками. Над носовым снарядным погребом прорубили люк, установили комингс и крышку на петлях, а также приспособили блок для вытаскивания снарядов. Из кормового погреба снаряды подавались вручную по трапу. Под пулеметы изготовили шесть стоек со щитами. Перед носовой надстройкой поставили легкую мачту с электрической проводкой для сигнальных и отличительных огней. Светомаскировка осуществлялась при помощи жестяных щитов на иллюминаторах.

Машинная надстройка и штурвальная рубка, а также кормовой тамбур схода и фальшборт против пулеметов и орудий защищались 6-мм железом. На штурвальной рубке установили дальномер, а на ходовом мостике — электрические прожекторы. Кроме того, завод отремонтировал главные и вспомогательные механизмы и камбуз. Под динамомашину был сделан новый фундамент. На последнем этапе судно окрасили в защитный цвет.

3 октября судно отвели на Сормовский завод для установки артиллерии. Поскольку в Нижегородском военно-морском порту не хватало 102-мм пушек, то на носу корабля решили установить 75-мм орудие [3].

10 октября корабль вышел для испытания артиллерии. Перед этим, по просьбе команды, ему присвоили имя «Волгарь Доброволец». На подходе к месту ведения стрельбы



Канонерская лодка «Волгарь Доброволец»: а — продольный разрез; б — вид сверху;

1 — румпельное отделение; 2 — 102-мм пушка; 3 — погреб боезапаса 102-мм патронов; 4 — жилые помещения команды; 5 — топливная цистерна; 6 — пулемет; 7 — цистерна для масла; 8 — машинное отделение; 9 — шлюпбалка; 10 — глушитель; 11 — вспомогательный паровой котел; 12 — штурвальная и штурманская рубка; 13 — таль-блок для подъема снарядов; 14 — погреб боезапаса 120-мм снарядов; 15 — 120-мм пушка; 16 — цепной ящик; 17 — форпик © И. И. Черников, реконструкция и выполнение чертежей, 2002

теплоход приткнулся к каменной гряде у входа в Сопчинский затон. Попытки сняться с мели при помощи станового якоря результата не дали. И лишь вызванный на помощь буксирный пароход «Механик Приемский» стащил корабль с гряды. К этому времени стало совсем темно, и комиссия решила ограничиться испытанием 75-мм пушки, сделав из нее по одному выстрелу на каждый борт под углом 45°. Испытания 102-мм орудия перенесли на следующий день. Утром произвели один выстрел на левый траверз, а другой — в корму. Подкрепления под орудия оказались достаточно надежными, но все же решили, что вместе с кораблем на фронт отправят и группу рабочих завода.

При осмотре корпуса после снятия с мели обнаружались сильные деформации обшивки и форштевня в носовой части, а также повреждение левого гребного винта, у которого оказались отломанными две диаметрально противоположные лопасти из четырех. Принимая во внимание необходимость срочной от-

правки корабля на фронт, комиссия нашла возможным отложить смену винта до окончания текущей кампании.

14 октября «Волгарь Доброволец» покинул Нижегородский рейд и через два дня присоединился к кораблям Волжской военной флотилии. Есть сведения, что в этот период корабль имел на вооружении еще и девять пулеметов [3]. 17 октября он принимал участие в освобождении узников «баржи смерти», затем, совместно с другими кораблями, совершил ночной переход от устья р. Белой до г. Сарапула, пройдя через расположение неприятеля. Во время одного из рейдов «Волгарь Доброволец», «Рошаль» и «Крестьян-товарищ» в 32 км юго-восточнее Сарапула захватили баржу с грузом зерна и два буксирных парохода противника. 4 ноября, вместе с другими кораблями флотилии, «Волгарь Доброволец» участвовал в походе вверх по р. Белой. 6 ноября он закончил кампанию и ушел на зимовку в Молитовский затон.

2 января 1919 г. штаб Волжской военной флотилии, рассмотрев вопрос ремонта судов, принял решение отнести к первоочередным работы на «Волгаре Добровольце» и уже 7 января корабль перевели в класс канонерских лодок. Объем работ предстоял немалый: требовалось снять 75-мм орудие, а вместо него установить 120-мм, для которого сделать соответствующее подкрепление корпуса и фундамент, провести с мостика к орудиям переговорные трубы и звонковую сигнализацию, а также установить кранцы первых выстрелов. Кроме того, предстояли большие ремонтные работы, связанные с постановкой в док (замена винта и поврежденных листов обшивки в носовой части) [3].

Поскольку опытные работники отсутствовали, Нижегородский губвоенкомат отозвал из армии рабочих требуемых специальностей. К 15 февраля установили броневые щиты на носовую рубку, заменили поврежденную часть дымовой трубы и начали работы по установке добавочных подкреплений под 120-мм пушку. Тог-

да же приступили к ремонту поврежденной носовой части, для чего изготовили новый форштевень, заменили листы палубы и наружной обшивки. 23 марта все корпусные работы были завершены. Окончание ремонта механизмов, ожидавшееся к 1 апреля, тормозило отсутствие 120-мм орудия [7].

После установки вооружения «Волгарь Доброволец» 13 мая присоединился к флотилии, а на следующий день вместе с канонерскими лодками «Авангард Революции», «Ваня Коммунист» и «Кубань» в течение 5 ч вел бой с девятью кораблями противника в устье р. Вятки. К 24 мая «Волгарь Доброволец» с боями дошел до г. Осы, а затем вернулся в Нижний Новгород для неотложного ремонта машин. 3 июня канонерская лодка ушла под Царицын, 31 июля вошла в состав Волжско-Каспийской военной флотилии, а 12 сентября закончила кампанию и ушла в Нижний Новгород.

Зимой 1919/20 г. ремонтом «Волгаря Добровольца» занимался Сормовский завод. В этот период

предполагалось снять кормовую 102-мм пушку, усилить крепления и установить 120-мм орудие, которое ремонтировалось в Ярославле. Однако пушку заполучить так и не удалось. 15 мая 1920 г., после окончания докового ремонта «Волгарь Доброволец» ушел в Астрахань [4].

15 июня в память о погибшем помощнике командующего Волжской военной флотилии корабль получил наименование «Товарищ Маркин», а через месяц его ненадолго зачислили в состав Морских сил Каспийского моря. 11 августа под прежним наименованием он был передан Астраханскому районному управлению водного транспорта и разоружен на Заячьем острове близ Астрахани. 8 апреля 1921 г. теплоход вновь мобилизовали, вооружив 120- и 75-мм пушками и четырьмя пулеметами. Летом 1921 г. корабль входил в состав судов по охране нижнего плеса р. Волги, а 15 октября перешел в ведение областного управления водного транспорта волжского бассейна. Позднее, в со-

ставе Каспийского государственного пароходства, переоборудованный для каботажного плавания «Волгарь Доброволец» занимался буксировкой нефтеналивных барж. В годы Великой Отечественной войны на том же Заячьем острове теплоход вооружили зенитной артиллерией и крупнокалиберными пулеметами. Корабль участвовал в противовоздушной обороне Астраханского рейда, обеспечивал воинские и народнохозяйственные перевозки. После окончания войны и до 1966 г. он был буксирным судном пароходства «Рейдтанкер». В 1967 г. «Волгарь Доброволец» возвратился в Горький и с тех пор является плавучим мемориальным музеем Волжско-Каспийской военной флотилии.

Литература

1. Жадоев Ф., Федоров Г. Путь корабля. Горький, 1968.
2. Список речных судов. М., 1926.
3. РГАВМФ, ф. р-146, оп. 1, д. 184; ф. р-342, оп. 1, д. 220; ф. р-143, оп. 1, д. 172.
4. Лыскова Т. Д., Федорова Т. С. Боевая и трудовая биография «Волгаря Добровольца» // Судостроение. 1984. № 6.

ЛЕДОКОЛЫ «НАДЕЖНЫЙ» И «ТРУВОР»

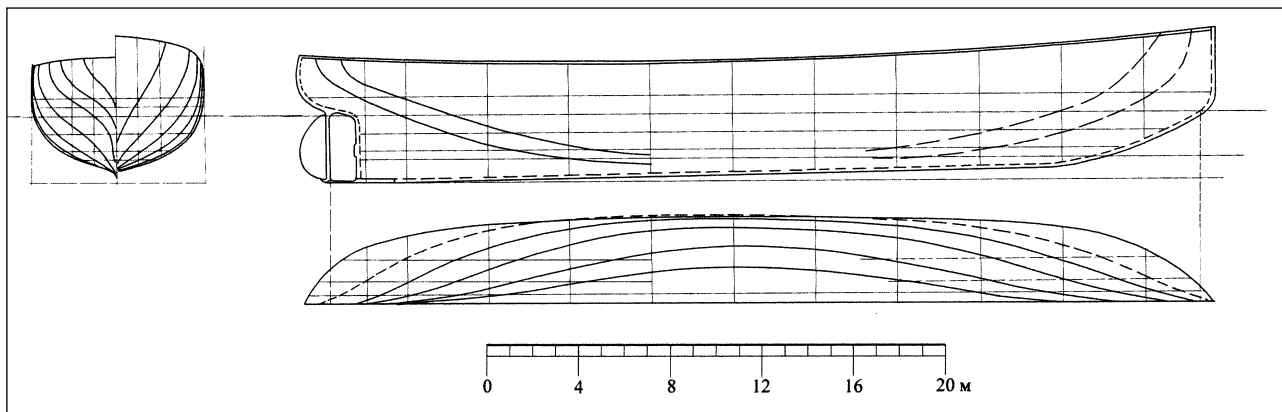
В. Г. Андриенко

До 1895 г. в Западной Европе было построено около 30 ледовых судов (ледоколы, ледокольные пароходы и буксиры) суммарной мощностью около 20 000 л. с. Лишь несколько из них имели машины мощностью 1200—1300 л. с. Существенная помощь ледоколов делу развития зимнего судоходства, возрастающая потребность в них, а также накопленный опыт ледоколостроения явились осно-

ванием для повышения мощности новых ледоколов [1].

Одновременно с возрастанием мощности энергетических установок ледоколов совершенствуются их конструкция и ледокольная форма. Практика эксплуатации ледоколов «гамбургского типа» показала, что ложкообразная форма носа не является оптимальной для ледовой работы, особенно при на-

личии снежного покрова и набивного льда. Одним из первых мысль об отказе от такой формы корпуса портовых ледоколов высказал в 1890 г. инженер Р. И. Рунеберг. Он предложил заострить носовую оконечность, увеличить наклон вертикали батоксов в носу, выдвинуть вперед форштевень, применить S-образное очертание ватерлиний в носовой части. По его расчетам ледопроеходимость при этом возрастала на 50—60%. В 1891 г. в Швеции построили канонерскую лодку «Свенскезунд» с обводами, приближающимися к предложенным Рунебергом.



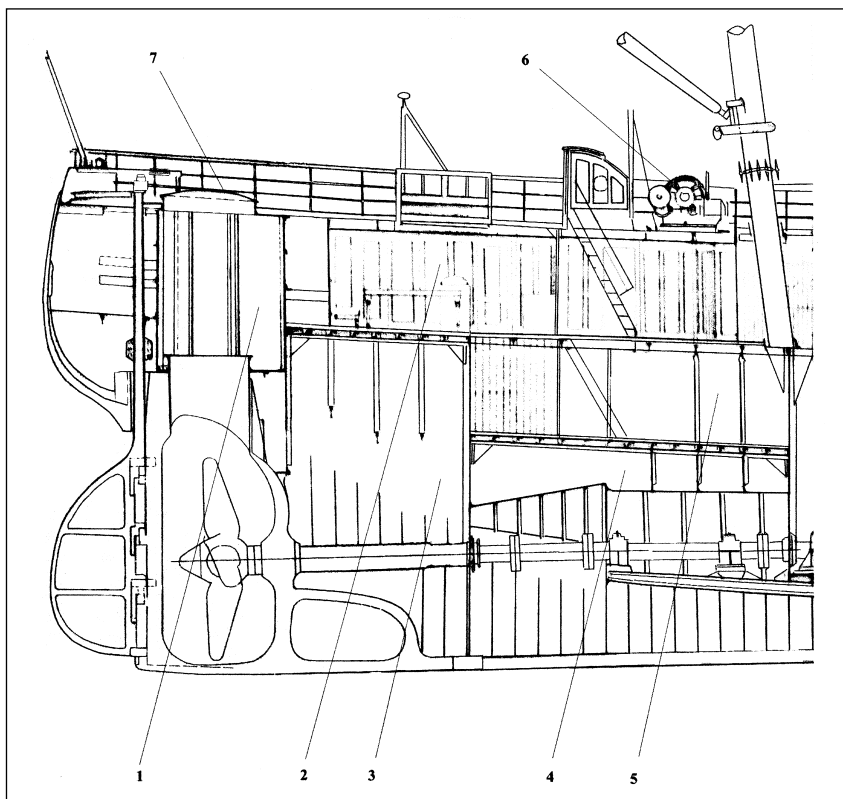
Теоретический чертеж шведской канлодки «Свенскезунд» (длина 40,1 м, ширина 7,87 м, высота борта 4,95 м, осадка 3,7 м, водоизмещение 400 т) © В. Г. Андриенко, реконструкция и выполнение чертежа, 2002

Наиболее мощным и совершенным европейским портовым ледоколом конца XIX в. был «Слейпнер» («Sleipner»), построенный в 1895—1896 гг. в Копенгагене на машино- и судостроительном заводе «Бурмейстер и Вайн» (Maskin og Skibsbyggeri Burmeister og Wain). Ледокол заказало датское Управление государственных железных дорог для обслуживания Копенгагенского торгового порта.

«Слейпнер» представлял собой двухмачтовое гладкопалубное судно с двумя палубами, без двойного дна. Поперечный набор корпуса состоял из шпангоутов со шпацией 381 мм в носу и 457 мм — в остальной части судна. Корпус ледокола был разделен шестью поперечными водонепроницаемыми переборками и укреплен пятью усиленными шпангоутами в машинном и котельном отделениях. Толщина ледового пояса обшивки достигала 22 мм ниже главной палубы в носовой части и от 16 до 18 мм в средней и кормовой частях ледокола. Обводы борта были сделаны без плоских участков, так как последние способствовали заклиниванию ледокола во льду. Для предохранения судна от повреждений при сжатиях борта имели уклон к вертикали (угол ветви шпангоута на миделе — 22°). Обводы в носовой оконечности довольно полные, а форштевень в подводной части прямой, срезанный под углом 25° к горизонту.

Носовые и кормовые балластные цистерны давали возможность изменять в широких пределах дифферент ледокола. Балластировка цистерн производилась с помощью центробежной помпы производительностью 1000 т/ч, расположенной в машинном отделении.

На «Слейпнере» была установлена двухцилиндровая паровая машина (системы компаунд), все части которой выполнялись «избыточно прочными» для предохранения от поломки при ударах гребного винта и корпуса ледокола о лед (гребной вал — на 20% прочнее, чем требовалось правилами Ллойда). Применение машины двойного расширения, сравнительно несовершенной и громоздкой (даже по меркам конца XIX в.), обусловливалось в первую очередь работой переменными ходами. Рабочее давление пара составляло 7 атм. Ледокол имел стальной четырехлопаст-



Ледокол «Слейпнер» («Трувор»), продольный разрез кормовой части: 1 — кессон; 2 — офицерские помещения; 3 — балластная цистерна (64 т); 4 — балластная цистерна (88 т); 5 — кладовая; 6 — паровая лебедка; 7 — крышка кессона

© В. Г. Андриенко, реконструкция и выполнение чертежа, 2002

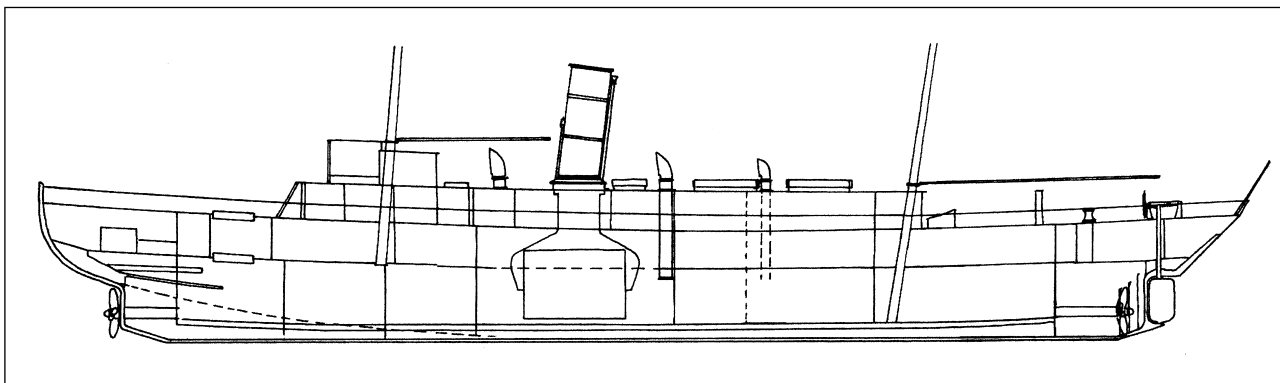
ный гребной винт со съемными лопастями [2].

Для смены лопастей и ремонта винта на плаву, без ввода судна в док, в кормовой части смонтировали специальное устройство (в виде кессона, или, как тогда говорили — винтового колодца) по проекту инженера Ольсена. Этот колодец в форме трубы проходил через ахтерштевень, над винтом оканчивался прямоугольной камерой (кессоном), а на верхней палубе закрывался герметической крышкой. Вся конструкция опускалась вниз до муфты винта и охватывала одну из его лопастей, поставленную вертикально вверх. Затем кессон закрывался, подаваемый в него сжатый воздух выталкивал воду из трубы, рабочие отдавали гайки на муфте и, поднимая лопасть в камеру, ставили на место запасную, находящуюся в кессоне. В нерабочем положении (когда опускаемая труба была поднята) отверстие в ахтерштевне закрывалось ледяной стальной крышкой.

Для устранения возможных случаев закупорки льдом приемных забортных отверстий циркуляционной помпы ее приемную трубу снабдили

двумя забортными приемными клапанами, расположенными на разной глубине (третий клапан поместили на первой кормовой цистерне).

В 1895 г., когда детали конструкции «Слейпнера» еще уточнялись, русские военные моряки получили средства для постройки подобного ледокола для Владивостока, единственного на Дальнем Востоке российского порта и военно-морской базы. Ранее, зимой 1893/94 и 1894/95 гг., здесь были мало удачные попытки ледокольных работ портового судна «Силач». Поэтому Морское министерство в январе 1895 г. предложило построить для обеспечения круглогодичной навигации в этом порту и на его подходах специальный ледокол. Предложение было адресовано в Комитет Сибирской железной дороги и мотивировалось тем обстоятельством, что «при постройке Сибирской железной дороги рейд и прилегающие воды Владивостока нужно держать открытыми». Считалось, что это возможно только при наличии двух ледоколов. Отмечая, что в качестве второго можно использовать «Силач», моряки предлагали ограни-



Боковой вид ледокола для Владивостока, 1895 г. - проработка американской компании «Харблон энд Холлингсуорт», Уилмингтон, Делавэр (The Harblon & Hollingsworth Company Wilmington Del): длина наибольшая 71,92 м, длина по ГВЛ 60,96 м, ширина 10,67 и 10,36 м соответственно, 1 носовой и 2 кормовых винта (РГАВМФ, ф. 17, оп. 2, д. 36)

© В. Г. Андриенко, реконструкция и выполнение чертежа, 2002

читься постройкой одного мощного ледокола [4].

18 марта 1895 г. Николай II, являвшийся председателем Комитета Сибирской железной дороги, утвердил «Положение» Комитета о заказе ледокола. Вскоре управляющий Морским министерством адмирал Н. М. Чихачев согласовал с министром путей сообщения К. М. Хилковым вопрос о том, что

ледокол будет находиться в ведении военных моряков. После этого был выделен сверхсметный кредит (первоначально 300 тыс. руб.) на постройку первого портового ледокола для Владивостока.

Еще до получения кредита в Главном управлении кораблестроения и снабжений (ГУКиС) Морского министерства выработали подробные требования к дальневосточному

первенцу. Кто именно являлся их автором, выяснить не удалось; наиболее вероятно участие в проработке начальника Главного управления лоцманского и маячного ведомства Финляндии капитана 1 ранга Н. Н. Шемана, который как раз в период, когда в недрах ГУКиС составлялась записка о владивостокском ледоколе, представил свои рекомендации по этому поводу [5] и опубликовал в «Морском сборнике» статью с весьма сходными предложениями о будущих ледоколах [6].

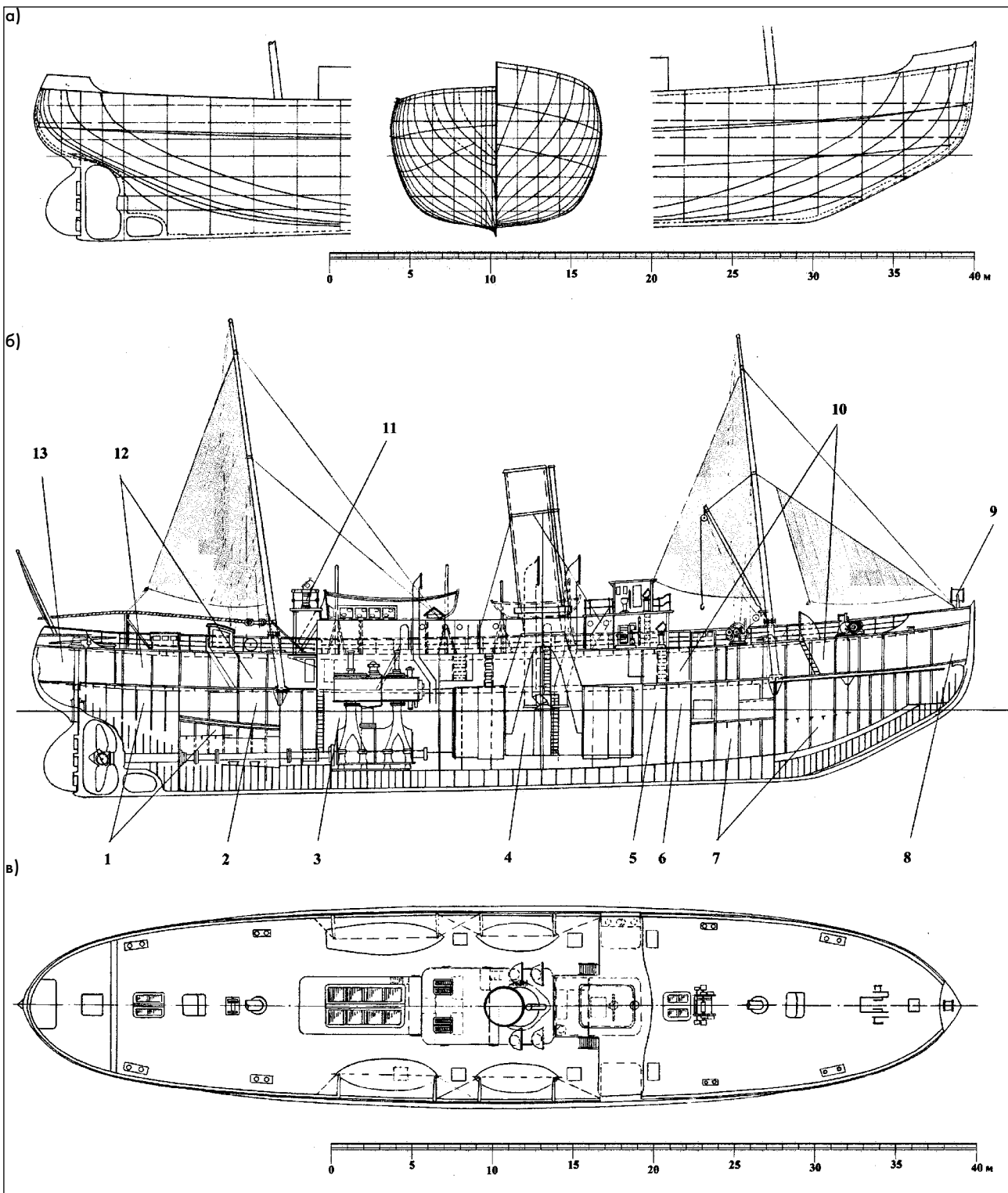
Основные требования сводились к следующему: «сильная машина при небольшом водоизмещении», причем мощность паровой машины и прочность корпуса судна должны быть достаточными, чтобы ледокол ломал лед непрерывным ходом, а не с разбега (отмечалось, что в последнем случае страдают как корпус, так и машина); для увеличения прочности корпуса усилить внутренний набор носовой и кормовой частей, поставить высокие флоры, принять толщину листов ледового пояса не менее 24,5 мм, а его ширину — не менее 1,8—2,1 м по всей длине судна, в том числе 0,6 м над грузовой ватерлинией (ГВЛ); заострить форму носовой оконечности, угол наклона форштевня к ГВЛ не должен превышать 30°, образования кормы быть такими, чтобы лед проходил по бортам, не попадая в сферу действия винта; для работы в тяжелых льдах иметь носовую и кормовую балластные цистерны; снабдить ледокол мощными водоотливными и противопожарными средствами (подобно «Силачу»), а также вспомогательным котлом, специальными механизмами для поднятия якоря и управления суд-

Технические данные ледоколов «Слейпнер» и «Надежный»

Характеристика	«Слейпнер» («Трувор») (брт/нрт)	«Надежный» («Давыдов») (брт/нрт)
Регистровый тоннаж, брт/нрт	999/176	1500/258
Длина наибольшая/по ГВЛ, м	50,60/49,20	58,52/54,86
Ширина наибольшая/по ГВЛ, м	12,17/11,89	12,95/12,80
Высота борта, м	6,72	7,75
Число и вместимость балластных цистерн, т:		
носовых	2 (122)	2 (84 + 150)
кормовых	2 (152)	2 (84 + 82)
Осадка носом/кормой нормальная*, м	3,89/•	3,39/5,71
Водоизмещение при этой осадке, т	1450	1525
Осадка носом/кормой в полном грузу, м	•/7,32	5,19/6,40
Водоизмещение в грузу, т	2000	2100
Угол наклона к ГВЛ форштевня/бортов, град.	25/•	24/16
Запас угля нормальный/полный, т	270/600	300/420
Мощность машины нормальная/максимальная, л.с.	2000/2600	2475/3530
Число оборотов нормальное/максимальное, об/мин.	110/•	95/106—110
Скорость эконом. ходом/наибольшая (на приемн. исп.), уз	9,5/13,48	13,0/14,4
Дальность плавания эконом. ходом/полным, миль	2200/1100 (1750)	2040/1560
Грузовые средства	2 стрелы, 2 паровые лебедки по 1,5 т	1 стрела, 1 пар. лебедка 3 т
Экипаж на 1914 г., чел. (оф./нижн. чинов)	4/34	4/42
Стоимость, фунтов стерлингов	33 300	43 600**

* Осадка по грузовой ватерлинию на испытаниях при полных запасах и половинном запасе угля (на "Надежном" при 120 т угля)

** За доставку во Владивосток 7650 ф. ст.; всего — 51250 ф. ст.



Ледокол «Надежный»: а — теоретический чертёж (РГАВМФ, ф. 17, оп. 2, д. 36, № 366); б — продольный разрез (РГАВМФ, ф. 876, оп. 125, д. 600, 604); в — вид сверху;

1 — кормовые балластные цистерны; 2 — подшкиперская; 3 — машинное отделение; 4 — котельное отделение; 5 — поперечная угловая яма; 6 — помещение для провизии; 7 — носовые балластные цистерны; 8 — таранное отделение; 9 — прожектор; 10 — помещения команды; 11 — площадка кормового компаса; 12 — офицерские помещения; 13 — кладовая

© В. Г. Андриенко, реконструкция и выполнение чертежей, 2002

ном, паровым отоплением, прожектором (для ночных работ).

В качестве прототипа предлагалось принять ледокол «Муртайя» с внесенными в его проект изменени-

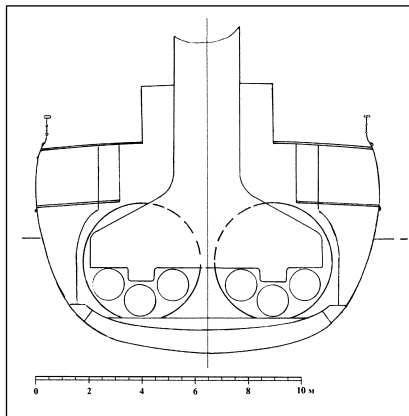
ями согласно разработанным требованиям, в том числе увеличить водоизмещение до 1200 т, а мощность машины с 1200 до 2000—3000 л. с. [4, 5, 6].

Эти требования к новому судну, в качестве предложения на заказ, разослали в конце марта 1895 г. с типовыми письмами на отечественные и зарубежные су-

достроительные предприятия. Учитывая, что построенный ледокол придется перегонять на Дальний Восток, к участию в конкурсе на постройку судна постарались привлечь не только европейские, но и американские фирмы.

Рассмотрение предложений, представленных семью частными иностранными заводами, состоялось в Морском техническом комитете (МТК) 10 октября 1895 г. Три фирмы («Мотала», Бергзундский завод и американская компания из Филадельфии) предложили варианты ледокола так называемого «американского типа», т. е. имеющие не только кормовой винт (винты), но и носовой винт. Впервые подобные суда применили на американских ледокольных паромах на Великих озерах. Опыт оказался удачным: носовой винт помогал разрушать торосы и другие нагромождения льда, подмывая их (именно в 1895 г. путейцы заказали для Байкальской паромной переправы ледокольный паром американского типа — будущий «Байкал»).

Однако русские военные инженеры даже не стали рассматривать в деталях предложенные проработки, отвергнув в принципе необходимость в носовом винте на «сравнительно маломерном пароходе» и отдали предпочтение «обычным вариантам» ледокола с одним кормовым винтом. Отказались и от предложений снабдить ледокол специальным кессоном для смены его лопастей («Бурмейстер и Вайн», Гельсингерский завод) в связи с по-



Ледокол «Надежный». Разрез по 66 шп.

стоянной работой судна в районе порта, имевшего все средства для необходимого ремонта.

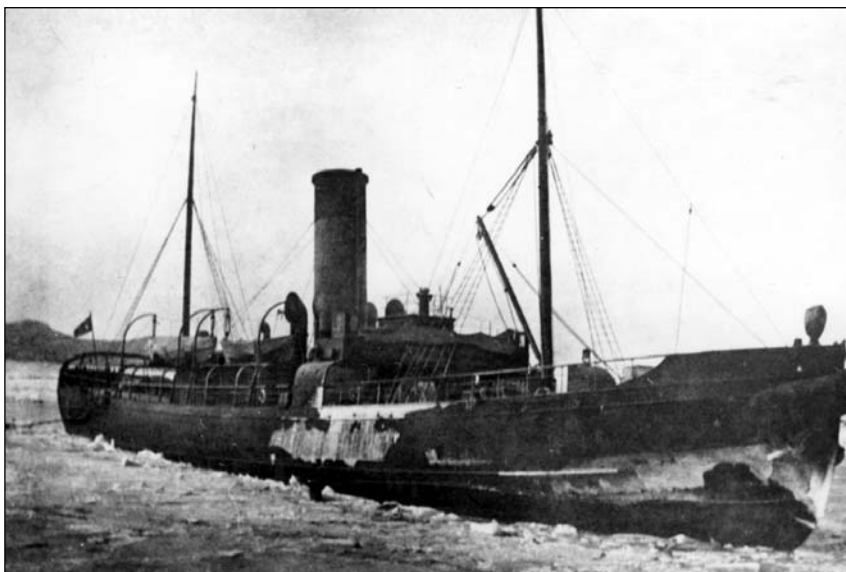
Рассмотрев остальные предложения исключительно с технической точки зрения, участники совещания поставили на первое место проект Кокумского завода. Далее следовали проекты заводов: Бергзундского, Бурмейстера (без «винтового колодца»), Армстронга и Гельсингерского. Такое решение МТК не закрывало дорогу ни одной из фирм (поэтому некоторые из них продолжали бороться за заказ), но, фактически, в наиболее выигрышном положении находился завод «Бурмейстер и Вайн» — его дирекция представила два варианта проекта: первый из них фактически представлял собой описание и чертежи ледокола «Слейпнер», а второй являлся модернизированным вариантом первого. Датчане увеличили длину судна на 7 м (оставив ширину без изме-

нения), прирост водоизмещения был использован на увеличение толщины ледового пояса, устройство второго дна и увеличение мощности паровой машины. Большею частью требований, предъявленных русскими специалистами, эти проекты удовлетворяли. Оставалось только внести соответствующие изменения. Например, специалисты МТК признали неудачной форму обводов подводной части в носу, предложив более прямолинейные очертания батоксов и форштевня.

14 ноября управляющий заводом Нильсен лично представил в Морском министерстве новую проработку проекта. Рассмотрев этот вариант, русские инженеры предложили увеличить вместимость носовых балластных цистерн, устроить бортовые водонепроницаемые переборки, в том числе в котельном отделении, использовать паровые котлы Бельвиля (водотрубные котлы были более экономичны и занимали меньше места) [4, 5].

До конца года датчане разработали два следующих варианта проекта ледокола — с котлами Бельвиля (водоизмещение 1390 т, срок постройки 13 мес., стоимость 50,3 тыс. фунтов стерлингов) и с обычными цилиндрическими котлами (1500 т, 10 мес., 43,6 тыс. фунтов стерлингов). Для уменьшения уклона носа и получения «несколько более впалых обводов, как это было потребовано» носовую часть судна удлинили.

2 января 1896 г. оба проекта обсуждались в МТК (в заседании кроме специалистов участвовали строевые военные моряки контр-адмирал Н. И. Скрыдлов и капитан 2-го ранга Г. Ф. Цывинский). Было решено заказывать ледокол с цилиндрическими котлами. Впервые при рассмотрении проектов судов ледового плавания на этом заседании МТК возник вопрос о том, каким образом гарантировать ледоходимость и ледокольные свойства корпуса будущего ледокола. Здесь, вероятно, решающим оказалось мнение В. И. Афоняева. Флагманский инженер-механик разработал к этому времени эмпирические формулы, по которым можно было приблизительно рассчитать толщину ломаемого ледоколом льда в зависимости от мощности его силовой установки [7]. Явно опираясь на подобные расчеты, инженеры решили ограничить-



Ледокол «Надежный» в проливе Босфор Восточный

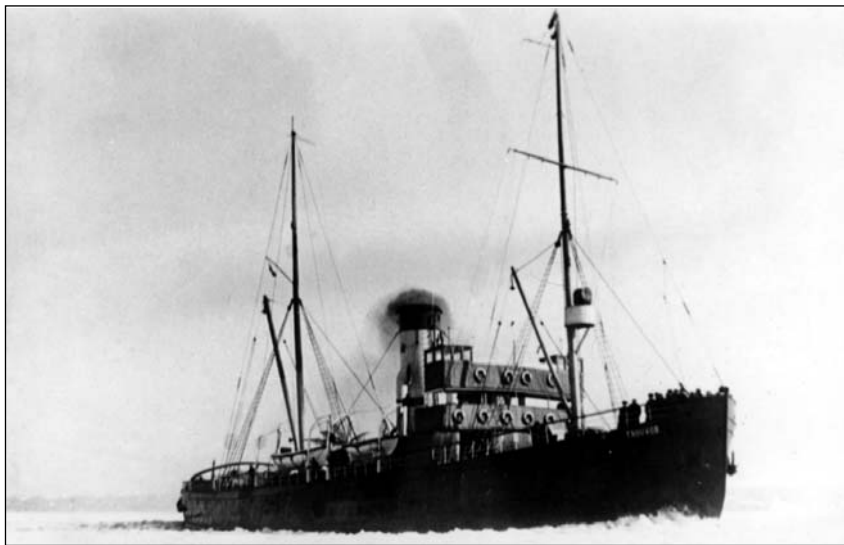
ся требованием о достижении ледоколом скорости в 13 уз при мощности в 2500 л. с., а также включить в контракт условие об испытании судна во льду при наибольшей мощности 3000 л. с. Спустя неделю после совещания в проект контракта добавилось условие о целостности корпуса при ударе с разбега на полной скорости (соответствующей мощности 3000 л.с.) в «очень толстый лед», т. е. в лед толщиной более предполагаемой ледопроеходимости в 0,64 м [4].

30 января 1896 г. контракт был подписан. Общее наблюдение за постройкой ледокола в Копенгагене поручили старшему судостроителю Н. В. Долгорукову, который в это время был на верфи «Бурмейстер и Вайн», наблюдая за постройкой императорской яхты «Штандарт». Наблюдающим за изготовлением механизмов стал старший инженер-механик яхты Н. Пастухов.

«Надежный» — такое наименование ледокол получил 27 апреля — собиравшись из материалов и оборудования, поставляемых из разных стран. Так, литые штевни изготовили в Швеции, там же были заказаны оба поршня для паровой машины. 253 стальных листа для котлов и топки к ним изготовили на родине «шотландских паровых цилиндрических котлов». Коленчатые и другие валы, штоки поршней, шатуны отлили в Германии. Там же, в Киле, на заводе «Сименс и Гальске» изготовили динамо-машину и паровой привод к ней.

К середине июля на стапеле высились уже весь набор судна, но затем, в связи со спешкой по достройке и испытаниям яхты «Штандарт», темпы постройки ледокола заметно снизились. Из-за занятости механика яхты из России в Копенгаген в начале октября отправили нового наблюдающего — младшего инженер-механика Н. В. Афоняева, который затем участвовал в достройке и испытаниях ледокола. Долгоруков все же довел «Надежного» до благополучного спуска, который был произведен 12 ноября. Испытания и сдача ледокола начались 7 февраля 1897 г., когда на судне появилась российская комиссия по приемке под председательством капитана 2-го ранга К. П. Иессена.

По внешнему виду и конструкции «Надежный» походил на свой



Ледокол «Тривор» в Финском заливе

прототип. Весь корпус был из стали, штевни литые, форштевень — прямой вертикальный от носа до ватерлинии и далее наклонный под 25° к горизонту. Как и у «Слейпнера», шпация в носовой части от форштевня до котельного отделения составляла 381 мм, в остальной части корпуса — 457 мм.

Ледовый пояс обшивки состоял из стальных листов толщиной 25,4 мм. Ширина пояса — 1,83 м (на 0,61 м выше и 1,22 м ниже ватерлинии). Остальная обшивка имела толщину около 16 мм.

В носу и корме размещались по две балластные цистерны. Между ними простиралось двойное дно, разделенное на три водонепроницаемых отсека. Кроме того, чetyрмя водонепроницаемыми переборками судно по длине делилось на пять отсеков.

Вертикальная двухцилиндровая паровая машина системы компаунд размещалась в отдельном отсеке, в соседнем находились 4 трехтопочных цилиндрических котла с рабочим давлением 7 атм. Балластная центробежная помпа, установленная в машинном отделении, имела производительность примерно 1000 т/ч. Испаритель-опреснитель рассчитывался на 15 т пресной воды в сутки. Имелись также вспомогательный котел для парового отопления; динамо-машина на 100 А (при 100 В) на одном валу с вертикальной паровой машиной в 18 л. с.; прожектор; паровой брашпиль, лебедка у фок-мачты. Грот-мачта была укреплена, чтобы служить опорой при буксировке.

На верхней палубе в середине судна на шлюпбалках устанавливались: паровой катер (скорость до 6,9 уз), спасательная шлюпка, шлюпка-ледянка с полозьями для движения по льду и капитанский вельбот.

Ледокол получил убирающиеся в клюзы якоря, а вместо предусмотренных спецификацией кран-балок или крана для их уборки Долгоруков разрешил установить на судне паровой вентилятор (в связи с предстоящим во время перегона длительным пребыванием ледокола в тропиках).

7 февраля судно первый раз покинуло Копенгаген, а 12-го «Надежный» вышел в Зунд на официальные 4-часовые ходовые испытания. При мощности машины 2476 л. с., расход угля составил 0,751 кг/(л. с.·ч), а средняя скорость — 13,5 уз. По данным четырех пробегов на мерной миле при средней мощности 3319 л. с. и частоте вращения 104,3 об/мин средняя скорость составила 14,4 уз [4].

15 февраля ледокол вновь вышел в Зунд для испытания механизмов на 6-часовые испытания, в ходе которых согласно условию контракта должен был поддерживать скорость не ниже 11,5 уз, при мощности не менее 2500 л.с. «Надежный» вышел в море с большей осадкой, чем на первых испытаниях (носом 4,1 м, кормой 5,54 м): поскольку затем предстоял переход на Балтику для выполнения ледовых испытаний, на судно погрузили почти полный запас угля — 230 т. Эти испытания стали настоящим триумфом судостроителей — в течение четвер-

ти суток ледокол шел со скоростью 13,8 уз при средней мощности машины 2921 л. с.

На следующий день «Надежный» отправился из Копенгагена на Балтику и в ночь с 18-го на 19 февраля пришел в Гангэ, где на борт поднялся капитан 1-го ранга Шеман, принявший затем участие в ледовых испытаниях.

Неподалеку от Гангэ на Тверминнэском рейде в Экнесском фиорде был найден ровный лед толщиной от 46 до 64 см со слоем снега в 10 см. 20 февраля здесь состоялись первые в истории ледоколостроения официальные натурные испытания ледокола во льдах. «Надежный» шел непрерывным ходом со скоростью 5—6 уз (2416 л. с.) в 46—54-см льду; со скоростью 3,3 уз (2160 л. с.) — во льду толщиной от 54 до 64 см. Остановился он во льду, когда мощность снизили вдвое (1038 л. с.) На заднем ходу ледокол продвигался во льду той же толщины с еще большим успехом (скорость свеше 4 уз при мощности 2007 л. с.) [8, 9].

Во льдах Финского залива удалось выполнить и вторую часть испытаний — опробовать «Надежный» в торосах и наносных льдах. Ледокол ломал торосы высотой в 1,5—3 м, а приблизившись к Балтийскому порту, на полном ходу вошел в ледяное поле и остановился в нем лишь тогда, когда лед достиг толщины 1,2 м. Далее он преодолевал лед с разбега.

23 февраля «Надежный» вернулся в Копенгаген. При осмотре в доке никаких повреждений не оказалось, только краска на корпусе была содрана — в корме на высоту до 6, а в носу — до 5 м. Все механизмы в течение испытаний работали нормально.

4 марта ледокол с датской командой вышел из Копенгагена и 15 марта был уже в Алжире. 25 марта он прошел Суэцкий канал и 24 мая 1897 г. благополучно достиг Владивостока, показав хорошие мореходные качества. Впоследствии, благодаря именно этому обстоятельству, чертежи «Надежного» были использованы в качестве прототипа при создании ледокольных пароходов «Таймыр» и «Вайгач».

27 мая ледокол во Владивостоке освидетельствовала и приняла специальная комиссия, назначенная командиром порта контр-адмиралом



Ледокол «Трувор» в Ленинградском порту, 29 апреля 1941 г. (все фотоснимки в статье — из коллекции В. Г. Андриенко)

Чухнинным. С зимы 1897/98 г. и до 1915 г. «Надежный» бессленно и фактически в одиночку обеспечивал круглогодичную навигацию в бухте Золотой Рог и Амурском заливе, действуя иной раз во льдах толщиной до 75 см. В теплые зимы ледокол работал на двух котлах (1000—1200 л. с.), легко разрезая 60-см лед. Но и при работе вполсилы он тратил за время зимней кампании более 1000 т угля [10]. Лишь в период Первой мировой войны во Владивостоке появились новые портовые ледоколы, заказанные разными ведомствами, и «Надежный» смогли поставить на ремонт.

К началу 1918 г. ему заменили старые котлы более производительными и экономичными, но в строй так и не ввели; судно находилось в военном порту на хранении. В ходе Гражданской войны ледокол побывал в руках разных «хозяев» (от чехов до японцев) и только в октябре 1922 г., после вступления во Владивосток частей Народной революционной армии Дальневосточной республики, окончательно вернулся в строй владивостокского портофлота, доставившей единственной уцелевшей морской компании — Добровольному флоту (ДФ). Зимнюю навигацию порта поддерживал новый ледокол «Добрыня Никитич», а восстановленный «Надежный» решили временно использовать в военно-морском флоте.

27 февраля 1924 г. он был принят от ДФ и зачислен в состав Морских сил Дальнего Востока как канон-

нерская лодка. 7 мая корабль получил новое наименование «Красный Октябрь». Его вооружили четырьмя японскими 120-мм орудиями. В период с 20 июля по 29 октября 1924 г. канлодка под командованием известного гидрографа Б. В. Давыдова совершила дальний поход к о. Врангеля для присоединения острова к РСФСР. 30 июля 1925 г. она была награждена за этот поход Почетным революционным знаменем ВЦИК [11].

2 марта 1925 г. «Красный Октябрь» сдали в порт на хранение, но вскоре возвратили торговому порту для использования в качестве ледокола. В 1926 г. на борту судна появилось новое имя — «Капитан Давыдов», в честь безвременно умершего военного моряка-гидрографа. Впоследствии название «укоротили», и ледокол назывался «Давыдов». Использовалось судно по-прежнему в качестве портового ледокола во Владивостоке, хотя несколько раз и привлекалось для ледовых операций в Охотском море. Во время Великой Отечественной войны его вновь вооружили, и в составе военизированных судов Дальневосточного бассейна «Давыдов» продолжал обеспечивать действия кораблей Тихоокеанского флота в ледовых условиях. Во второй половине 1943 г. ледокол совершил свое третье и последнее дальнее плавание, теперь к берегам Северной Америки и обратно во Владивосток. 10 сентября—11 декабря 1943 г. он прошел капитальный ремонт в Ванкувере [12]. В 1956 г. судно вывели из эксплуатации и поставили на отстой, а 21 мая 1957 г. исключили из списков судов Министерства морского флота.

«Слейпнер», прообраз «Надежного», до 1913 г. включительно плавал под датским флагом, а точнее, простаивал в Копенгагене, только в суровые зимы включаясь в работу по обслуживанию этого порта и пролива Зунд. Зимой 1913/14 г. он был тщательно осмотрен русской комиссией под руководством вице-адмирала А. М. Герасимова и куплен за половину первоначальной стоимости для обеспечения строительства крепости Императора Петра Великого, создававшейся на Балтике. В начале февраля 1914 г. датские моряки перегнали ледокол в Ревель (Таллин). В том же месяце его зачислили в списки судов российского флота

как портовое судно «Трувор». Во время Первой мировой войны он плавал в Финском заливе, обслуживая Гельсингфорс (Хельсинки) и батареи крепости на островах. В 1916 г. перечислен из портовых судов в портовые ледоколы. Зимой 1916/17 г., поддерживая сообщение между Гельсингфорсом и островами Финского залива, ледокол получил повреждение подводной части корпуса и руля и до весны 1918 г. находился в Гельсингфорсе в ожидании ремонта. В апреле вместе с рядом других судов Балтийского флота «Трувор» совершил переход в ледовых условиях из Гельсингфорса в Кронштадт. С весны 1918 по ноябрь 1919 г. он состоял в распоряжении охраны водного района Кронштадта, а затем был зачислен в состав судов ледокольно-спасательного отряда.

В конце 1921 г., в связи с постановлением Совета Труда и Оборона об организации ледокольных компаний в Петроградском (Ленинградском) торговом порту, военные моряки передали «Трувор» Управлению морского транспорта. С этого пор и до начала Советско-финляндской войны он оставался портовым ледоколом Ленинградского морского торгового порта.

23 ноября 1939 г. судно временно зачислили в состав вспомогательных плавсредств Краснознаменного Балтийского флота (КБФ), вооружив двумя 76-мм орудиями и двумя пулеметами. Летом 1940 г. ледокол был возвращен владельцу. В начале Великой Отечественной войны (5 июля 1941 г.) «Трувор» вновь приняли в состав плавсредств КБФ, а 26 августа 1941 г. во время Тал-

линского перехода он погиб у мыса Юминда от подрыва на mine.

Литература

1. Сухоруков А. Я. Ледоколы (монография). Арктический институт. Кораблестроительное отделение. Ленинград, 1949. Рукопись.
2. Афонасьев Н. // Морской сборник. 1898. № 11.
3. Андриенко В. Г. Портовые суда типа «Силач» // Судостроение. 1995. № 4.
4. РГАВМФ, ф. 427, оп. 1, д. 175.
5. РГАВМФ, ф. 421, оп. 1, д. 1214.
6. Шеман. О ледоколах // Морской сборник. 1894. № 12.
7. Афонасьев В. И. Ледоколы. Материалы к изучению движения судна. Ч. III. СПб., 1899.
8. РГАВМФ, ф. 17, оп. 1, д. 147.
9. Иессен. Пароход-ледокол «Надежный» // Морской сборник. 1897. № 6.
10. РГАВМФ, ф. 417, оп. 1, д. 1619.
11. Дубрава А. И. К острову Врангеля на канонерской лодке // Судостроение. 1965. № 11.
12. Бережной С. С. Броненосные и линейные корабли. Канонерские лодки: Справочник. М.: Воениздат, 1997.

ВОЕННЫЙ ПАРОХОД «ГЕРКУЛЕС»

Ю. И. Головнин

Основателем отечественного парового военного флота следует считать императора Александра I (12.12.1777—19.11.1825). Он правил Россией 24 года и успел сделать много для развития отечественного парового флота. При его правлении построили первые паровые транспортные суда: в 1815 г. адмиралтейский пароход «Скорый», («Судостроение», 1994 г., № 1), а затем и пароход «Проворный». Он же торопил Морское Министерство со строительством первого в России военного парохода, вооруженного артиллерией. Этот пароход был построен в 1824 г. и назван «Ижорой» («Судостроение», 1994 г., № 4). Таким образом, были заложены основы пароходостроения в России. Появились и специалисты по производству паровых судовых механизмов и их техническому обслуживанию.

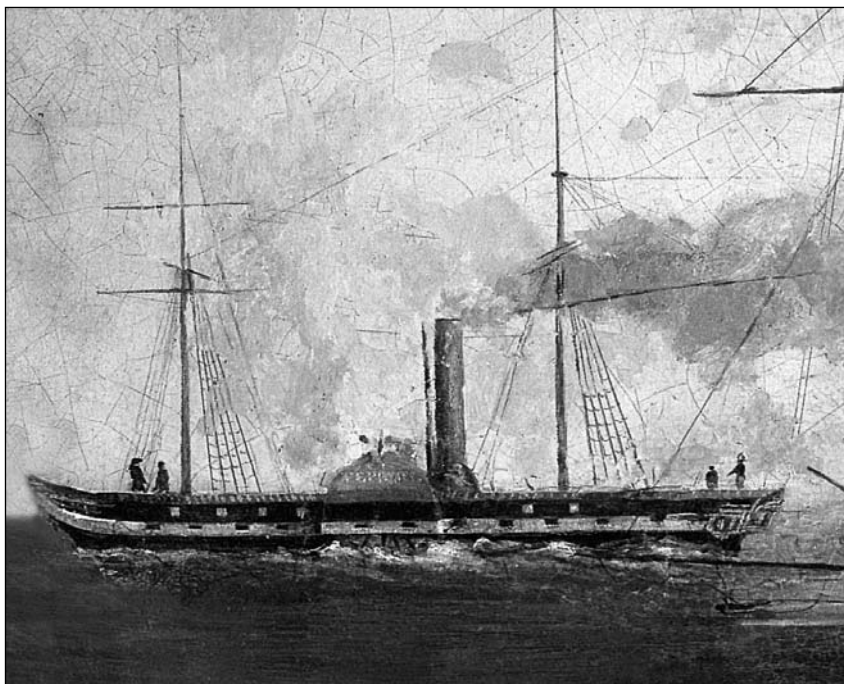
За годы правления императора Николая I (25.6.1796—18.02.1855) было построено пароходофрегат (с нарицательной мощностью механизмов 240—400 л. с.) — 8 ед., «пароходов малых» (30—100 нар. л. с.) — 20. Восстановлено тимберовой: три пароходофрегата и четыре малых парохода.

22 апреля 1830 г. Николай I распорядился представить «сооб-

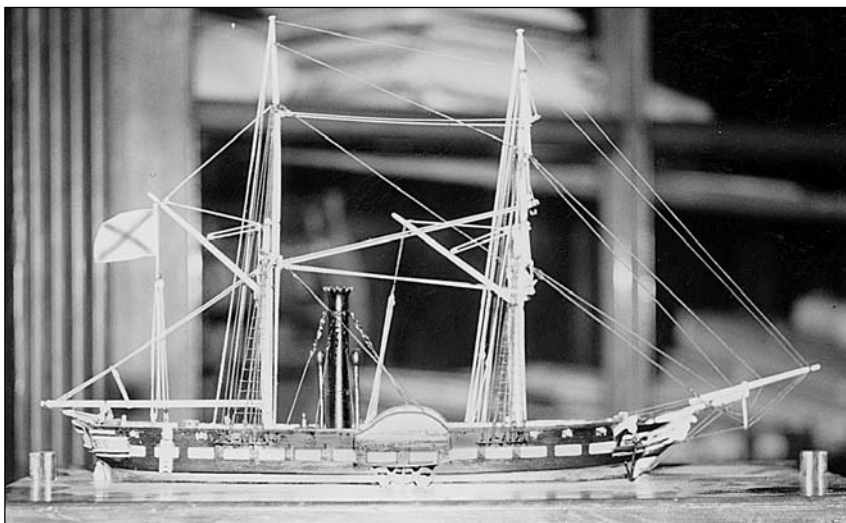
ражения о построении для каждой дивизии Балтийского флота по одному (всего трех) пароходу большого размера и совершенно мореходных».

При предварительном обсуждении вопросов постройки 7 мая

1830 г. Кораблестроительный и учетный комитет (КУК) Кораблестроительного департамента Морского министерства предложил ориентировочные основные элементы будущего парохода: «пароходы будут удобны длиной 140 футов (42,7 м), шириной — 32 фута (9,75 м) с машиной в 120 сил, парусное вооружение по двум из оных, комитет хотел бы иметь двухмачтовое шхунское по образцу парохода «Ижора» (третьему — дать трехмачтовое)».



22-пушечный пароход «Геркулес» (фрагмент расписного подноса). Из альбома «Русские императорские яхты», «ЭГО» СПб, 1997.



Модель парохода «Геркулес». Из фондов ЦВММ

Эти соображения были переданы управляющему Охтинским адмиралтейством полковнику Корпуса корабельных инженеров В. Ф. Стоке, который 31 мая уже получил официальное распоряжение о составлении чертежей парохода (теоретического и рабочих), чертежа вооружения, а также подробной сметы на «леса и прочее» и указаний «к какому времени требуемые материалы необходимо доставить в Адмиралтейство».

23 июня того же года Кораблестроительный департамент информировал В. Ф. Стоке, что на каждый пароход планируется поставить по 12 орудий 8-фунтового (107 мм) калибра. В том же письме сообщалось, что рангоут предпочтительно иметь трехмачтовый. Заложить пароходы требовалось «в скором времени». Корпус первого (без внутренней отделки) должен быть готов к открытию навигации 1831 г.

12 августа КУК «ввиду того, что пароходы предназначены для плавания в дальних морях», предложил новые размеры: длина 175 футов (ок. 53,4 м), ширина — 32 фута (ок. 9,8 м), глубина интрюма до 17 футов (ок. 5,2 м). Наричательная мощность паровой машины определялась в 120—140 л. с.

Министерство обратилось с запросом по стоимости и срокам изготовления паровых механизмов к трем возможным поставщикам. Первый из них, Ч. Берд, сообщил, что «механизм с медным котлом для парохода силой 100 лошадей» с монтажом его на пароходе обойдется в 200 тыс. руб., мощностью в

120 л. с. — 235 тыс. руб., а 140 л. с. — 275 тыс. руб. Срок готовности первого через шесть месяцев с монтажом на пароходе «два месяца по приводе судна к заводу». Александровский чугунолитейный завод соглашался лишь на изготовление только одного комплекта паровых механизмов, предложив в виде эксперимента установить на пароход не одну паровую машину мощностью 200 л. с., а две по 100 стоимостью по 165 тыс. руб. Адмиралтейские Ижорские заводы брались за изготовление механизмов немедленно, обещая их готовность к маю 1831 г. На сборку механизмов на первом пароходе «по доставке корпуса парохода в ковш Ижорских заводов», отводилось 2,5 мес, на второй и третий пароходы — до ноября 1831 г.

14 июля 1830 г. окончательно принимается решение на «назначенные к построению пароходы» установить паровые машины нарицательной мощностью 200 л. с. 12 августа того же года Николай I «высочайше повелеть соизволил»: один пароход строить на Охтинской верфи, а механизмы для него заказать на Адмиралтейских Ижорских заводах.

6 сентября 1830 г. В. Ф. Стоке предложил вооружить пароход 22 орудиями 12-фунтового (122-мм) калибра. 6 ноября строящемуся на Охтинской верфи пароходу было присвоено наименование «Геркулес» и 31 декабря того же года состоялась официальная церемония закладки. На киле закрепили закладную доску, копия которой ныне хранится в Центральном военноморском музее.

8 августа 1831 г. «Геркулес» был благополучно спущен на воду и В. Ф. Стоке предоставил в Морское министерство «спусковую записку», содержащую основные сведения о новом пароходе: длина между перпендикулярами 175 футов (53,4 м), ширина без обшивки 32 фута (9,75 м), глубина интрюма 17 футов (5,18 м). Строился он «по сепинксовой системе», со сплошным набором, диагональными ридерсами и продольными брусьями. Набор корпуса выполнялся частично из дубового леса, наружная и внутренняя обшивки, бимсы — из лиственничного. Подводная часть обшивалась медью. 31 августа пароход приписали к 5-му флотскому экипажу I флотской дивизии. Вскоре принимается решение достроить пароход двухмачтовым. 3 ноября на Охтинскую верфь прибывает пароход «Опыт» для буксировки «Геркулеса» в ковш Адмиралтейских Ижорских заводов. Однако из-за неготовности механизмов испытания парохода «Геркулес» пришлось перенести на 1832 г., «когда пароход по настилке верхней палубы будет доставлен к устью реки Ижоры». Срок окончательной готовности «Геркулеса» был определен — не позднее 15 мая 1832 г.

12 апреля 1832 г. пароходы «Опыт» и «Геркулес» покинули Охту. 28 мая на «Геркулесе» провели испытания на швартовах, а 4 июня он совершил первый самостоятельный пробег по Неве и через два дня вернулся к причальной стенке Охтинского адмиралтейства для окончательной отделки и окраски.

Служба «Геркулеса» началась с личного приказа императора Николая I: «пароходу «Геркулес» быть в Кронштадте 20 июня для перевозки знатных гостей», куда его перевели на корабельных камелях. В Кронштадте пароход ожидал подготовленный для него комплект гребных судов: 16-весельный барказ и 10-весельный катер. 13 октября «Геркулес» достиг на испытаниях скорости от 10 до 12 уз. Местом его постоянного базирования назначили Кронштадт, отметив при этом, что пароход «к службе по всем статьям готов совершенно». Что касается двух оставшихся пароходов, то второй из них («Богатырь») был построен в 1836 г. («Судостроение», 1994, № 7). Строительство третьего было отложено «до особых распоряжений».

В 1839 г. была выполнена первая тимберовка корпуса «Геркулеса» с заменой подгнивших кусков палубы и наружной обшивки. В 1841 г., когда корпус прослужил первые десять лет, комиссией Кораблестроительного департамента было принято решение: в 1843 г. пароход тимберовать с переносом прежнего парового механизма в новый корпус. Эти работы выполнили в Кронштадте под руководством полковника Корпуса корабельных инженеров И. А. Амосова, который за год до этого приступил к проектированию нового корпуса, который при одинаковой ширине со старым корпусом «Геркулеса» (что было связа-

но с габаритами паровых механизмов), был удлинен с 53,4 м до 58,6 м, что диктовалось новыми требованиями, связанными со специфической планировкой парохода, который должен был обслуживать императорскую фамилию. Следует обратить внимание на большую длину парохода: так построенный в 1842 г. линейный корабль «Ингерманланд» имел длину по верхней палубе около 54,3 м.

4 июня 1843 г. корпус парохода «Геркулес» ввели в доковый узел Кронштадтского военного порта и поставили в одну из четырех доковых камер. В соседней камере И. А. Амосов строил новый корпус для этого

парохода, уже в то время переведенного в ранг «пароходофрегат». 4 октября того же года пароходофрегат «Геркулес» с новым корпусом был выведен из дока. Это был уже второй опыт тимберовки парового судна: в 1839 г. в новый корпус перенесли котлы и машины парохода «Скорый». Что же касается пароходофрегата «Геркулес», то он прослужил до 1860 г., после чего был разобран в Кронштадте.

Литература

Веселого Ф. Ф. Список русских военных судов с 1668 по 1860 годы. СПб. 1872.
Залесский Н. А. «Одесса» выходит в море. Л. 1987.
РГА ВМФ. Ф. 158, Оп. 2., Д. 242, 501, 706, 972.

РЕФЕРАТЫ

УДК 629.57:656.61.087

Ключевые слова: экраноплан, область применения, перспективы использования, проекты.

Маскалик А. И. Экранопланы-транспорт XXI века// Судостроение. 2002. № 5. С. 9—16.

Рассматриваются перспективы и возможные области применения экранопланов, приводится описание экранопланов типа А «Аквэглайд» и морских пассажирских типа В. Ил. 11, табл. 2.

УДК 681.322:629.5.001.63

Ключевые слова: судно, САПР.

Предэскизное автоматизированное проектирование надводных судов/А. И. Гайкович, А. С. Калмук, А. С. Козлов, Г. Ю. Пегашев, С. А. Смирнов, В. Б. Фирсов// Судостроение. 2002. № 5. С. 16—19.

Рассматривается разработанная Военно-морским инженерным институтом САПР «Судно», рассчитанная в основном для использования в качестве обучающей системы. Предлагаемые эмпирические формулы могут быть использованы для изучения основ методики проектирования. Ил. 3. Табл. 1. Библиогр.: 12 назв.

УДК 629.5.015.15:629.5.083.8

Ключевые слова: корабль, судоподъем, спрямление, метacentрическая высота.

Лобаков Е. И. Козюков Л. В. К вопросу о спрямлении опрокинутого корабля// Судостроение. 2002. № 5. С. 20—21.

Предлагается формула определения поперечной метacentрической высоты опрокинутого корабля для общего случая, при котором бортовые отсеки симметричны относительно ДП, но принцип непрерывности их размещения по длине корабля нарушается. Ил. 3. Библиогр.: 3 назв.

УДК 629.5.025.1.01.015.2

Ключевые слова: корабль, шумоизлучение, руль, стабилизатор, неоднородный поток.

Старцев С. Б. Прогнозирование гидродинамического шума, излучаемого крыльевыми конструкциями корабля// Судостроение. 2002. № 5. С. 21—23.

Предлагается разработанная автором полуэмпирическая методика и программа расчета на ПЭВМ широкополосного спектра шумоизлучения от взаимодействия рулей и стабилизаторов корабля с неоднородным пульсирующим потоком. Достоверность методики и программы, подтвержденная результатами экспериментов, указывает на эффективность их использования при проектировании крылевых органов управления движением для обеспечения безопасной эксплуатации кораблей на море. Ил. 2. Библиогр.: 5 назв.

УДК 629.5.025.1.01.015.2

Ключевые слова: загрязнение моря, нефтяной порт, судно-сборщик льяльных и сточных вод.

Никитенко С. С., Климов В. В. «Брянск» — судно-сборщик льяльных и сточных вод// Судостроение. 2002. № 5. С. 23—25. Рассказывается о проектировании и строительстве судна

«Брянск» — сборщика льяльных и сточных вод. Судно спроектировано КБ «Восток», входящим в состав ФГУП ЦНИИТС, построено на ОАО «Выборгский судостроительный завод». Ил. 4.

УДК 629.5.036:534.83

Ключевые слова: судно, водометный движитель, шумоизлучение.

Степанов А. М., Федоров А. Л. Снижение уровня шумоизлучения водометных движителей// Судостроение. 2002. № 5. С. 26—28.

Рассказывается о возможности снижения уровня шумоизлучения водометного движителя с распределенным отбором жидкости из пограничного слоя за счет выбора геометрии водовода. Приводятся результаты экспериментальных исследований. Ил. 7. Библиогр.: 7 назв.

УДК 681.322:629.5.001.63

Ключевые слова: экологическая безопасность, паровые котлы, уменьшение эмиссии оксидов азота в продуктах сгорания.

Колпаков С. П. Повышение экологической безопасности судовых паровых котлов путем уменьшения эмиссии оксидов азота// Судостроение. 2002. № 5. С. 29—30.

Приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований эмиссии вредных веществ при работе паровых котлов. Предложена методика снижения выбросов оксидов азота на основе организации регулируемого химического недожога. Ил. 1. Библиогр.: 3 назв.

УДК 621.396.676.629.5

Ключевые слова: надводный корабль, надстройки, логопериодическая антенна.

Яковлев А. Ф. Использование элементов надстроек корабля для улучшения характеристик коаксиальной логопериодической антенны// Судостроение. 2002. № 5. С. 31—34.

Предлагается конструкция направленной несимметричной коаксиальной логопериодической антенны МВ-ДМВ. Показывается преимущество ее использования на кораблях перед ненаправленными антеннами, расположенными вблизи надстроек. Приведена методика расчета геометрических параметров такой антенны и коэффициента направленного действия. Ил. 7. Библиогр.: 2 назв.

УДК 681.883.6:534.6-143

Ключевые слова: гидроакустический измеритель, скорость звука, датчик, зонд, преобразователь.

Комляков В. А. Гидроакустический измеритель скорости звука нового поколения// Судостроение. 2002. № 5. С. 35—38.

Рассматриваются структура и принципы построения перспективного корабельного гидроакустического измерителя скорости звука с аппаратно-программной обработкой информации. Приводятся его основные технические характеристики и особенности конструкции экспериментального образца. Ил. 4. Библиогр.: 4 назв.

УДК 629.5.024:537.623

Ключевые слова: судно, материал, магнитный гистерезис, расчет.

Большаков Ю. В., Сезонов Е. А. Расчет магнитного гистерезиса судна // Судостроение. 2002. № 5. С. 38—40.

Приводится метод расчета магнитного гистерезиса судна по данным экспериментальных исследований материала его корпуса. Ил. 3. Библиогр.: 5 назв.

УДК 658.012:629.5

Ключевые слова: планирование, заказ, ПУЕ, технологический наряд, сетевой график.

Липис А. В., Рызов В. А., Сизов В. А. Система планово-учетных единиц судостроительного предприятия и управление производством // Судостроение. 2002. № 5. С. 41—43.

Анализируются проблемы использования существующей системы планово-учетных единиц (ПУЕ) судостроительного предприятия в условиях перехода к автоматизированным системам планирования и управления производством, предлагаются пути совершенствования системы ПУЕ. Табл. 1. Библиогр.: 4 назв.

УДК 681.783.23/.25:53.082.5:629.5

Ключевые слова: геометрические параметры, объект, трехмерные измерительные системы, эффективность.

Гаврилюк Л. П. Разработка методик определения геометрических параметров объектов судостроения с использованием трехмерных средств измерения // Судостроение. 2002. № 5. С. 44—47

Показывается необходимость учета ошибки базирования трехмерных средств измерения относительно объекта измерения, предложено решение задачи создания поверочного эталона и метода оптимизации выбора трехмерных средств измерения при разработке методик выполнения измерений в соответствии с требованиями международных стандартов. Ил. 3. Табл. 2. Библиогр.: 4 назв.

УДК 620.165.29

Ключевые слова: судно, герметичность, контроль, неконтактный течеискатель.

Розин А. Я., Синицкий В. А. Безводная технология контроля герметичности разъемных соединений корпусных конструкций // Судостроение. 2002. № 5. С. 47—49.

Приводится описание безводного акустического контроля люковых закрытий, водо- и газонепроницаемых дверей и иллюминаторов, технические характеристики средств акустического контроля и технология определения герметичности разъемных соединений. Ил. 3. Библиогр.: 2 назв.

УДК 621.039.75:623.827.2.002.8

Ключевые слова: подводная лодка, реакторный отсек, утилизация, срок хранения.

Ваучский М. Н. Новый подход к утилизации реакторных отсеков подводных лодок // Судостроение. 2002. № 5. С. 50—51.

Предлагается новый подход к проблеме, связанной с длительностью отстоя на плаву выведенных из состава ВМФ атомных подводных лодок, временного и длительного хранения реакторных отсеков. Ил. 2. Библиогр.: 2 назв.

УДК 621.7.044.2:669.054.85 **Ключевые слова:** судоразделка, управляемый взрыв, экология, эффективность.

Козлов В. С. Взрывная разделка судовых конструкций на металлом // Судостроение. 2002. № 5. С. 52—55.

Представлены результаты исследований по созданию эффективной технологии разделки списанных судов на металлом с помощью энергии управляемого взрыва. Показано, что применение взрывных методов судоразделки по сравнению с традиционными тепловыми приводит к повышению производительности труда до 10—15 раз, снижению себестоимости работ в 1,2—1,3 раза, уменьшению количества вредных выбросов более чем в 100 раз, существенно улучшению труда судорезчиков. Табл. 1. Библиогр.: 11 назв.

ABSTRACTS

Maskalik A.I. Ekranoplans — the transport of XXI century

The article considers prospects and possible regions of application of ekranoplans, gives description of ekranoplans of type A «Aquaglide» and sea-going passenger ekranoplans of type B.

Gaykovich A. I., Kalmuk A. S., Kozlov A. S., Pegashev G. Yu., Smirnov S. A., Firsov V. B. Pre-conceptual automatic design of surface vessels

The article considers the CAD system «Sudno» developed by Naval Engineering Institute and intended for use basically as a learning system. Proposed electrical formulas can be used for learning of design procedures principles.

Lobakov E. I., Kozyukov L. V. On the problem of righting of overturned vessel

The authors analyze the problem of righting of overturned vessel with taking into consideration the behavior of air cushions in flooded compartment. Determination of righting moment value for setting the vessel in upright position allows to choose properly a method of righting and technical means for its realization.

Startsev S.B. Forecasting of hydrodynamic noise, emitted by foil systems of a ship

The article presents the author-developed half-empiric procedure and PC program for calculation of wide-band spectrum of noise emission produced by interaction of ship's rudders and stabilizers with non-uniform pulsing fluid. Validity of these procedure and program, confirmed by the results of experiments, shows the effectiveness of their utilization for designing of foil systems.

Nikitenko S.S., Klimov V.V. «Bryansk» — the bilge and waste water collecting ship

The authors tell about designing and building of «Bryansk» — the ship for collecting of bilge and waste waters. The ship is designed by Design Bureau «Vostok», subdivision of FSUE CRIST, and built by PC «Vyborgsky shipyard».

Stepanov A. M., Feodorov A. L. Reduction of jet-propellers noise emission level

Possibility of reduction of noise emission level of a jet-propeller with distributed takeout of fluid from boundary layer due to selection of water line geometry is considered. Results of experimental research are given.

Kolpakov S.P. Improvement of ecological safety of shipboard steam boilers by decrease in emission of nitric oxide

The article presents results of theoretic and experimental research of harmful substances emission during operation of steam boilers. Procedure for decrease of nitric oxide emissions on the basis of organization of controllable chemical underfiring is proposed.

Yakovlev A. F. Utilization of the ship's superstructure components for improvement of coaxial log-periodic antenna features

Design of a directional non-symmetric coaxial log-periodic metric- and microwave antenna is given. Advantages of its utilization on commercial and naval ships in comparison with non-directional antennas located close to superstructures are

shown. Procedure for calculation of such antenna's geometric parameters and index of directional operation is given.

Komyakov V. A. New generation hydroacoustic speed of sound meter

The article considers the structure and principles of construction of prospective shipboard hydroacoustic speed of sound meter with hardware program processing of data. Its main technical features and particulars of experimental model design are given.

Bolshakov Yu. V., Sezonov E. A. Calculation of the ship's magnetic hysteresis

A method is proposed for calculation of the ship's magnetic hysteresis on the basis of experimental investigations of its hull material.

Lipis A. V., Ryzhov V. A., Sizov V. A. The system of planning-accounting indices of a shipyard and production control

The authors analyze the problems of utilization of existing system of planning-accounting indices (PAI) of a shipyard in conditions of transfer to automatic systems of planning and production control and propose the ways of perfection of PAI system.

Gavriyuk L. P. Development of procedures for determination of geometric parameters of shipbuilding objects with the use of 3D measuring devices

The author reveals the necessity of taking into consideration of 3D measuring devices basing error relatively to the measured object and proposes a salvation for the problem of creation of verifying reference and method of optimization of 3D measuring devices selection at development of procedures for measurements execution in accordance with the requirements of international standards.

Rozinov A. Ya., Sinitsky V. A. Waterless technology of control of ship structures' detachable joints tightness

The authors give description of physical essence of waterless acoustic control of hatch covers, water and gas tight doors and portholes, technical parameters of acoustic control means and technology of determination of detachable joints tightness.

Vauchsky M. N. New approach to utilization of submarine reactor compartments

The author proposes a new approach to the problem connected with duration of berthing afloat of nuclear submarines put out of Navy service, temporary and prolonged storage of reactor compartments.

Kozlov V. S. Explosion cutting of ship's structures into scrap

The author presents the results of investigation in development of high-efficient technology of scrapping retired ships with the help of controlled explosion energy. It is shown that utilization of explosion methods of ship scrapping in comparison with traditional thermal cutting gives increase in labor productivity for 10—15 times, decrease of work cost value for 1.2—1.3 times, decrease of amount of harmful releases for more than 100 times, essential improvement in cutters' working conditions.