

Морской



Вестник

№4(44)
декабрь
2012
ISSN 1812-3694

Morskoy Vestnik

ЭЛЕКТРОМОНТАЖ НА КОРАБЛЯХ ЛЮБОГО КЛАССА



ФИЛИАЛ ВЫБОРГСКИЙ
ВЫБОРГСКИЙ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД



ФИЛИАЛ БАЛТИЙСКИЙ АЛМАЗ
ОБ «АЛМАЗ»



ФИЛИАЛ БАЛТИЙСКИЙ АЛМАЗ
БАЛТИЙСКИЙ ЗАВОД



ФИЛИАЛ АДМИРАЛТЕЙСКИЙ
АДМИРАЛТЕЙСКИЕ ВЕРФИ



ФИЛИАЛ СЕВЕРНАЯ ЗРА
СЕВЕРНАЯ ВЕРФЬ



ПРОИЗВОДСТВЕННО-СКЛАДСКОЙ КОМПЛЕКС



ФИЛИАЛ САПФИР
ОУДРЕВЕРОВСКИЙ ЗАВОД



Морской Вестник



№4(44)
декабрь
2012

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Редакционный совет

Председатель

С.Н. Форафонов, вице-президент
ОАО «Объединенная судостроительная корпорация»

Сопредседатели:

В.Л. Александров, президент
Международного и Российского НТО
судостроителей им. акад. А.Н. Крылова
К.П. Борисенко, ректор СПбГМТУ

Члены совета:

С.О. Барышников, ректор СПбГУВК
А.С. Бузаков, генеральный директор
ОАО «Адмиралтейские верфи»
Н.М. Вихров, генеральный директор
ЗАО «Канонерский судоремонтный завод»
Л.Г. Грабовец, генеральный директор ОАО «СФ "Алмаз"»
Г.В. Егоров, генеральный директор
ЗАО «Морское инженерное бюро СПб»
М.А. Иванов, генеральный директор
ОАО «Системы управления и приборы»
Л.М. Клячко, генеральный директор ОАО «ЦНИИ "Курс"»
С.Р. Комаров, председатель Совета директоров ЗАО «МНС»
Е.В. Комраков, генеральный директор
ЗАО «Р.Е.Т. Кронштадт»
Э.А. Конов, директор ООО «Издательство "Мор Вест"»
А.А. Копанев, генеральный директор
ОАО «НПФ "Меридиан"»
Г.А. Коржавин, генеральный директор
ОАО «Концерн "Гранит-Электрон"»
А.В. Кузнецов, генеральный директор ОАО «Армалит-1»
Л.Г. Кузнецов, генеральный директор
ОАО «Компрессор»
С.Б. Курсин, генеральный директор ОАО «ГНИНГИ»
А.П. Матлах, генеральный директор
ООО «НПО "Полярная звезда"»
Г.Н. Муру, генеральный директор ОАО «51 ЦКТИС»
Н.В. Орлов, председатель
Санкт-Петербургского Морского собрания
В.А. Солонько, председатель Совета директоров
ЗАО «НПО "Севзапспецавтоматика"»
В.И. Спиридопуло, генеральный директор
ОАО «Северное ПКБ»
Д.В. Сулов, директор ЗАО «ЦНИИ СМ»
Г.В. Тарица, генеральный директор
ООО «ПКБ "Петробалт"»
В.С. Татарский, генеральный директор ОАО «ЭРА»
А.Н. Тихомиров, генеральный директор
ЗАО «Транстех Нева Экспресс»
Р.А. Урусов, генеральный директор
ОАО «Новая ЭРА»
А.В. Ушаков, генеральный директор
ОАО «СЗ "Северная верфь"»
Г.Д. Филимонов, генеральный директор
ЗАО «Концерн "МорФлот"»
В.В. Шаталов, генеральный директор
ОАО «КБ "Вымпел"»
К.Ю. Шилов, генеральный директор
ОАО «Концерн "НПО "Аврора"»
А.В. Шляхтенко, генеральный директор –
генеральный конструктор ОАО «ЦМКБ "Алмаз"»

СОДЕРЖАНИЕ

СУДОСТРОЕНИЕ И СУДОРЕМОНТ

А.В. Шляхтенко, Д.Ю. Литинский. Эволюция высокоскоростных катеров	9
«Алмаз» укрепляет границы Родины	13
А.М. Абдрахманов, Д.В. Сергевич, С.Н. Степанов. Оптимизация процесса проектирования заказа	17
В.В. Шаталов, В.В. Волков. Большой морозильный рыболовный траулер	20
Е.А. Гурин, К.С. Чернов. Тенденции мирового судостроения по итогам SMM-2012	21

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И СУДОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Время подтверждает нашу надежность: К 90-летию ОАО «ЭлектроРадиоАвтоматика»	26
Ю.А. Боженов, Н.П. Шаманов. Гибридные электроэнергетические установки подводных аппаратов	31
А.А. Неёлов, В.Ф. Кособоков, М.П. Тихомиров. Вопросы безопасности применения напряжения 6 (10) кВ на морских объектах	37
М.Д. Емельянов. Влияние запаса мощности судового главного двигателя на частоту отказов опорных подшипников коленчатого вала	41
А.Н. Гаврилова. Гидрораспределители прямого действия	44
М.С. Смаковский. Основные направления модернизации технологических процессов изготовления судовой трубопроводной арматуры в ОАО «Армалит-1»	49
И.О. Пруткин, В.В. Камлюк, В.И. Михайлов, А.В. Маккавеев. Перспективы применения реверсивных преобразователей электроэнергии в установках гарантированного питания автономных объектов	53

РАДИОЭЛЕКТРОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

А.А. Копанев, О.Н. Музыченко. Современным кораблям флота России – новое поколение БИУС «Требование-М»	57
П.Б. Антонов, В.П. Иванов. Радиолокационная продукция ОАО «Концерн «Гранит-Электрон» и его дочерних предприятий	63
К.Ю. Шилов, В.В. Кобзев, Ю.Н. Сизов. Интеллектуальные тренажеры ОАО «Концерн «НПО «Аврора»	67
Л.М. Клячко, В.С. Жемойдо. Об участии предприятий подотрасли приборостроения судостроительной промышленности в создании новой российской морской техники гражданского назначения	73
А.А. Лазарев. Архитектура отказоустойчивой автоматизированной системы кластерного типа	77



ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Г.А. Ершов, А.И. Калинин, С.А. Петров, Н.Я. Щербина.

Современные компьютерные технологии и вероятностный анализ

безопасности корабельных ядерных энергетических установок 79

НАВИГАЦИЯ И ГИДРОГРАФИЯ

Р.А. Андреюк. Комплексы многолучевых эхолотов 85

БЕЗОПАСНОСТЬ МОРЕПЛАВАНИЯ

А.Г. Назаров. Особенности оценки ускорений при проектировании

и эксплуатации малых высокоскоростных судов 88

МОРСКАЯ ТЕХНИКА: НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ

С.А. Бахарев, Г.П. Дремлюга, А.В. Рогожников. К вопросу использования
конверсионных технологий акустики в судостроении и судоремонте 93

Г.В. Егоров, Д.В. Колесник. Энергоэффективность судов
смешанного плавания нового поколения 97

В.А. Колесник, В.А. Солонько, А.В. Макишанов.
Оценка состояния технической системы и прогнозирование его изменения 105

Д.А. Бусоргин, Е.М. Грамузов, В.А. Зуев, Б.П. Ионов.
*Использование программно-аппаратного комплекса для автоматизации
проведения опытов кренования судов 110*

О.А. Матвеева, Ю.П. Потехин, И.В. Челпанов. О целесообразности
*применения динамических моделей движения судов в системах
автоматизированного проектирования их жизненного цикла 113*

БИЗНЕС И ПРАВО

М.К. Рождественская. Правовое регулирование ограничения
ответственности классификационных обществ 115

В АССОЦИАЦИИ СУДОСТРОИТЕЛЕЙ

Памяти товарища 119

Общее собрание Ассоциации судостроителей 119

В НТО СУДОСТРОИТЕЛЕЙ

IV Всероссийский съезд судостроителей 120

ИСТОРИЯ СУДОСТРОЕНИЯ И ФЛОТА

И.О. Ивановский, Е.Ю. Лерман. «Огненный» директор 123

С.П. Сирый. Семнадцатый морской министр
императорского флота России вице-адмирал С.А. Воеводский 126

ВЫСТАВКИ И КОНФЕРЕНЦИИ

*Международный военно-морской салон IMDS-2013,
3-7 июля 2013, Санкт-Петербург (7)*

*Двенадцатая международная выставка и конференция НЕВА-2013,
24-27 сентября 2013, Санкт-Петербург 128*

Главный редактор

Э.А. Конов, канд. техн. наук

Тел./факс: (812) 6004586

Факс: (812) 5711545

E-mail: morvest@gmail.com

www.morvest.korabel.ru

Редакционная коллегия

К.Г. Абрамян, д-р техн. наук, проф.

Ю.В. Баглюк, канд. техн. наук, ст. науч. сотр.

Ю.В. Варганов, канд. истор. наук, доцент

В.Н. Глебов, канд. эконом. наук

Е.А. Горин, д-р эконом. наук

Е.В. Игошин, канд. техн. наук

Б.П. Ионов, д-р техн. наук, проф.

Ю.Н. Кормилицин, д-р техн. наук, проф.

А.И. Короткин, д-р техн. наук, проф.

С.И. Логачёв, д-р техн. наук, проф.

П.И. Малеев, д-р техн. наук

Ю.И. Нечаев, д-р техн. наук, проф.

В.С. Никитин, д-р техн. наук, проф.

В.Г. Никифоров, д-р техн. наук, проф.

Ю.Ф. Подоплёкин, д-р техн. наук, проф., акад. РАН

Л.А. Промыслов, канд. техн. наук

Ю.Д. Прякин, д-р истор. наук, проф.

А.В. Пустошный, чл.-корр. РАН

А.А. Родионов, д-р техн. наук, проф.

К.В. Рождественский, д-р техн. наук, проф.

А.А. Русецкий, д-р техн. наук, проф.

Ю.Ф. Тарасюк, д-р техн. наук, проф.

В.И. Черненко, д-р техн. наук, проф.

Н.П. Шаманов, д-р техн. наук, проф.

Б.А. Царёв, д-р техн. наук, проф.

Редакция

Тел./факс: (812) 6004586

E-mail: morvest@gmail.com

Редактор

Т.И. Ильичёва

Дизайн, верстка

С.А. Кириллов

Адрес редакции

190000, Санкт-Петербург,

наб. реки Мойки, 84, пом. 13Н

Журнал зарегистрирован Министерством РФ по
делам печати, телерадиовещания и средств массовых
коммуникаций. Свидетельство о регистрации ПИ
№ 77-12047 от 11 марта 2002 г.

Учредитель-издатель

ООО «Издательство "Мор Вест"»,

190000, Санкт-Петербург,

наб. реки Мойки, 84, пом. 13Н.

Электронные версии журналов 2006-2012 гг.

размещены на сайте ООО «Научная электронная

библиотека» www.elibrary.ru и включены в

Российский индекс научного цитирования

Решением Президиума ВАК журнал «Морской вестник»

включен в перечень ведущих научных журналов и

изданий, выпускаемых в РФ, в которых должны быть

опубликованы основные научные результаты диссертаций

на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.

http://vak.ed.gov.ru

Подписка на журнал «Морской вестник»

(индекс 36093) может быть оформлена по каталогу

Агентства «Роспечать» или непосредственно

в редакции журнала через издательство «Мор Вест».

Отпечатано в типографии «Премиум-пресс».

Тираж 1000 экз. Заказ № 2575.

Ответственность за содержание информационных и

рекламных материалов, а также за использование

сведений, не подлежащих публикации в открытой

печати, несут авторы и рекламодатели. Перепечатка

допускается только с разрешения редакции.

Морской Вестник



№4(44)
december
2012

Morskoy Vestnik

SCIENTIFIC, ENGINEERING, INFORMATION AND ANALYTIC MAGAZINE

Editorial Council

Chairmen

S.N. Forafonov, Vice-President
JSC United Shipbuilding Corporation
Co-chairmen:

V.L. Alexandrov, President of the International
and Russian Scientific and Technical Association
of Shipbuilders named after Acad. A.N. Krylov

K.P. Borisenko, Rector SPbSMTU

Council Members:

S.O. Baryshnikov, Rector SPbSUWC

A.S. Buzakov, General Director

JSC Admiralty Shipyards

G.V. Egorov, General Director

JSC Marine Engineering Bureau SPb

G.D. Filimonov, General Director

JSC Concern Mor Flot

L.G. Grabovets, General Director JSC SF Almaz

M.A. Ivanov, General Director

JSC Control Systems and Instruments

L.M. Klyachko, General Director

JSC ZNII KURS

S.R. Komarov, Chairman

of the Board of Directors JSC MNS

E.V. Komrakov, General Director

JSC R.E.T. Kronshtadt

E.A. Konov, Director,

JSC Publishing House Mor Vest

A.A. Kopanev, General Director,

JSC SPF Meridian

G.A. Korzhavin, General Director,

JSC Concern Granit-Elektron

S.B. Kursin, General Director JSC SRNHI

A.V. Kuznetsov, General Director JSC Armalit-1

L.G. Kuznetsov, General Director JSC Compressor

A.P. Matlakh, General Director

JSC SPA Poliamaya Zvezda

G.N. Muru, General Director JSC 51CCTIS

N.V. Orlov, Chairman

St. Petersburg Marine Assembly

V.V. Shatalov, General Director

JSC DB «Vypel»

K.Yu. Shilov, General Director

JSC Concern SPA Aurora

A.V. Shlyakhtenko, General Director –

General Designer JSC ZMKB Almaz

V.A. Solon'ko, Chairman of the Board of Directors

JSC SPA Sevezapspezhavtomatika

Y.I. Spiridopulo, General Director

JSC Severnoye Design Bureau

D.V. Suslov, Director JSC CRISM

G.V. Taritsa, General Director JSC PDB Petrobalt

V.S. Tatarsky, General Director JSC ERA

A.N. Tikhomirov, General Director

JSC Transtech Neva Exhibitions

R.A. Urusov, General Director JSC New ERA

A.V. Ushakov, General Director

JSC SP Severnaya Verf

N.M. Vikhrov, General Director

JSC Kanonersky Shiprepairing Yard

CONTENTS

SHIPBUILDING AND SHIP REPAIRING

- A.V. Shlyakhtenko, D.Yu. Litinskiy.** *Development of High-Speed Cutters*9
- «Almaz» Strengthens Russian Borders 13
- A.M. Abdrakhmanov, D.V. Serkevich, S.N. Stepanov.**
Optimization of Design-for-Order Process 17
- V.V. Shatalov, V.V. Volkov.** *Large Fishing Freezer Trawler* 20
- E.A. Gorin, K.S. Chernov.** *World Shipbuilding Trends According
to the Results of SMM-2012* 21

POWER PLANTS AND MARINE EQUIPMENT

- Time Justifies Our Trustiness:
to the 90th Anniversary of «ElektroRadioAvtomatika» LLC* 26
- Yu. A.Bozhenov, N.P. Shamanov.** *Hybrid Electric Power Systems
of Underwater Vehicles* 31
- A.A. Neyolov, V.F. Kosobokov, M.P. Tikhomirov.**
Matters of Voltage 6 (10) kV Safe Application at Naval Facilities 37
- M.D. Emelianov.** *Influence of Shipboard Master Engine Power Margin
on Failure Rate of Crankshaft Supporting Bearings* 41
- A.N. Gavrilova.** *Direct Acting Hydraulic Control Valves* 44
- M.S. Smakovskiy.** *Main Modernization Trends for Technological Processes
of Marine Valves Production in OJSC «Armalit-1»* 49
- I.O. Prutchnikov, V.V. Kamliuk, V.I. Mikhailov, A.V. Makkaveev.**
*Perspectives of Reversible Energy Converters Application in Uninterruptible
Power Supply Systems for Autonomous Objects* 53

RADIO-ELECTRONIC EQUIPMENT AND CONTROL SYSTEMS

- A.A. Kopanev, O.N. Muzychenko.** *New Generation of Action Data System
(ADS, «BIUS» in Russian) «Trebovanie-M» for Modern Ships of Russian Fleet* 57
- P.B. Antonov, V.P. Ivanov.** *Radiolocation Products
of OJSC «Concern «Granit-Elektron» and its Subsidiaries* 63
- K.Yu. Shilov, V.V. Kobzev, Yu.N. Sizov.** *Mental Training Simulators
of OJSC «Concern «Aurora» Scientific and Production Company»* 67
- L.M. Klyachko, V.S. Zhemoido.** *On Participation of Shipbuilding Industry
Engineering Sub-industry Enterprises in Construction of New Russian Civil
Marine Equipment* 73
- A.A. Lazarev.** *Architecture of Fault-Tolerant Automated Cluster-Based System* 77



INDUSTRIAL SAFETY

- G.A. Ershov, A.I. Kalinkin, S.A. Petrov, N.Ya. Scherbina.** *Modern Computer Technologies and Probabilistic Analysis of Marine Nuclear Power Units Safety* 79

NAVIGATION AND HYDROGRAPHY

- R.A. Andreyuk.** *Multi-beam Echo Sounder Complexes* 85

SAFETY

- A.G. Nazarov.** *Aspects of Acceleration Estimates in the Process of Development and Exploitation of Small High-Speed Vessels* 88

MARITIME ENGINEERING: SCIENCE AND TECHNOLOGIES

- S.A. Bakharev, G.P. Dremluga A.V. Rogozhnikov.** *On the Question of Application of Acoustic Conversion Technologies in Shipbuilding and Ship repairing* 93
- G.V. Egorov, D.V. Kolesnik.** *Energy Efficiency of New Generation Mixed Navigation Ships* 97
- V.A. Kolesnik, V.A. Solonko, A.V. Makshanov.** *Estimation of Technical System Condition and Prediction of its Changes* 103
- D.A. Busorgin, E.M. Gramuzov. V.A. Zuev, B.P. Ionov.** *Using of Program Apparatus Complex for Automation of Ship Heeling Test* 110
- O.A. Matveeva. Yu.P. Potekhin, I.V. Chelpanov.** *On Practicability of Using Dynamic Models in the Systems of Automated Life Cycle Design* 113

BUSINESS AND LAW

- M.K. Rozhdestvenskaya.** *Legal Regulation of Classification Society Liability Restriction* 115

IN THE ASSOCIATION OF SHIPBUILDERS

- In the Memory of the Friend* 119
- General Meeting of the Association of Shipbuilders* 119

IN THE SCIENTIFIC AND TECHNICAL ASSOCIATION OF SHIPBUILDERS

- IV All-Russian Shipbuilders Congress* 120

HISTORY OF SHIPBUILDING AND FLEET

- I.O. Ivanovsky, E.Yu. Lerman.** *«Fire» Director* 123
- S.P. Siryi.** *The Seventeenth Naval Minister of the Imperial Russian Navy Vice Admiral S.A.Voevodskiy* 126

EXHIBITIONS AND CONFERENCES

- Maritime Defence Show IMDS-2013, 3-7 of July, 2013, St.Petersburg (7)*
- The 12th International Exhibition and Conference NEVA-2013, 24-27 of September, 2013, St.Petersburg* 128

Editor-in-Chief

E.A. Konov, Ph. D.
Phone/Fax: +7 (812) 6004586
Fax: +7 (812) 5711545
E-mail: morvest@gmail.com
www.morvest.korabel.ru

Editorial Collegium

K.G. Abramyan, D. Sc., Prof.
Y.V. Baglyuk, Ph. D.
V.I. Chernenko, D. Sc., Prof.
V.N. Glebov, Ph. D.
E.A. Gorin, D. Sc.
E.V. Igoshin, Ph. D.
B.P. Ionov, D. Sc., Prof.
Y.N. Kormilitsin, D. Sc., Prof.
A.I. Korotkin, D. Sc., Prof.
S.I. Logachev, D. Sc., Prof.
P.I. Maleev, D. Sc.
Y.I. Nechaev, D. Sc., Prof.
V.S. Nikitin, D. Sc., Prof.
V.G. Nikiforov, D. Sc., Prof.
Y.F. Podoplekin, D. Sc., Prof., member of the Academy of Rocket and Artillery of Sciences of Russia
L.A. Promyslov, Ph. D.
Y.D. Pryakhin, D. Sc., Prof.
A.V. Pustoshny, corresponding member of the Academy of Sciences of Russia
A.A. Rodionov, D. Sc., Prof.
K.V. Rozhdestvensky, D. Sc., Prof.
A.A. Rusetsky, D. Sc., Prof.
N.P. Shamanov, D. Sc., Prof.
Y.F. Tarasyuk, D. Sc., Prof.
B.A. Tzarev, D. Sc., Prof.
Y.V. Varganov, Ph. D.

Editorial staff

Phone/Fax +7 (812) 6004586
E-mail: morvest@gmail.com

Editor

T.I. Ilyichova
Design, imposition
S.A. Kirillov

Editorial office

office 13H, 84, Nab. r. Moyki,
190000, St. Petersburg
The magazine is registered by RF Ministry of Press,
TV and Radio Broadcasting and Means of Mass
Communications, Registration Certificate
ПИ № 77-12047 of 11 march 2002.

Founder-Publisher

JSC Publishing House "Mor Vest"
office 13H, 84, Nab. r. Moyki,
190000, St. Petersburg

The magazines electronic versions of 2006-2012
are placed on the site LLC "Nauchnaya elektronnyaya
biblioteka" www.elibrary.ru and are also included to the
Russian index of scientific citing.

By the decision of the Council of VAK the Morskoy
Vestnik magazine is entered on the list of the leading
scientific magazines and editions published in the
Russian Federation where basic scientific outcomes of
doctoral dissertations shall be published.
http://vak.ed.gov.ru

You can **subscribe to the Morskoy Vestnik** magazine
using the catalogue of "Rospechat" agency (subscription
index 36093) or directly at the editor's office via the
Morvest Publishing House.

Printed in the Printing-House "Premium-press".
Circulation 1000. Order № 2575.

Authors and advertisers are responsible for contents of
information and advertisement materials as well as for
use of information not liable to publication in open press.
Reprinting is allowed only with permission of the
editorial staff.

На протяжении более столетия глиссирование оставалось основным способом обеспечения высокой скорости катера.

В области совершенствования обводов корпуса глиссирующих скоростных катеров несомненным прогрессом явился широкий переход в конце пятидесятих годов XX в. к использованию V-образной формы сечения днища, так называемых обводов типа «глубокое V» (deep-V form).

С начала XX в. до шестидесятих годов глиссирующая часть днища остроскулых скоростных катеров (около половины длины корпуса от транца) выполнялась плоско-килеватой или вогнуто-килеватой с углом килеватости у транца не более 5° (рис. 1).

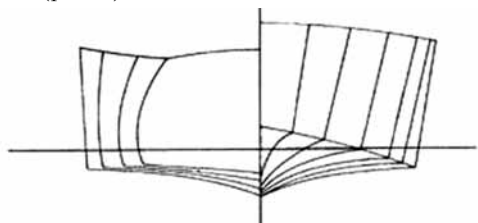


Рис. 1. Эскиз проекции «Корпус» теоретического чертежа типичного глиссирующего катера первой половины XX в.

Остроскулые катера с такими обводами днища хорошо глиссировали на спокойной воде и достигали скоростей свыше 50 уз (например, торпедные катера, спроектированные британской фирмой «Vosper-Thornycroft»). Однако при ходе на волнении они испытывали тяжелые удары о волну, резко снижавшие скорость и зачастую приводившие к повреждениям корпусных конструкций. Это ограничивало использование катеров при неблагоприятных погодных условиях (рис. 2).

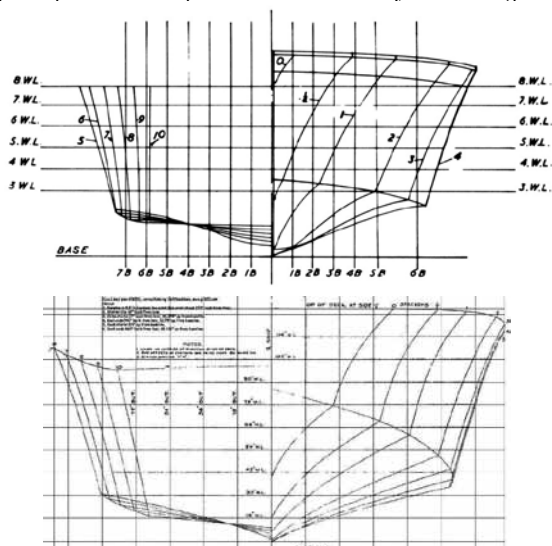


Рис. 2. Проекция «Корпус» теоретического чертежа торпедных катеров «Vosper» (вверху) и «Elco» (внизу), США, 1942 г.

Поскольку достижение высоких скоростей боевых катеров с конца пятидесятих годов сместилось в сторону катеров с динамическими принципами поддержания, проектанты боевых кораблей в основном перестали уделять внимание проблеме повышения максимальной скорости движения глиссирующих катеров.

Высокая скорость полного хода долгое время считалась основным тактико-техническим элементом малых надводных боевых кораблей, однако с семидесятих годов отношение к ней проектантов, а значит, и требования заказчика, изменилось. Если до середины шестидесятих считалось обязательным обеспечить малым торпедным катерам скорость 50–55 уз, то с

ЭВОЛЮЦИЯ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ КАТЕРОВ

А.В. Шляхтенко, д-р техн. наук, проф.,
генеральный директор – генеральный конструктор,
Д.Ю. Литинский, ведущий инженер, ОАО ЦМКБ «Алмаз»,
контакт. тел. (812) 369 3387

появлением и развитием ракетных катеров типичными стали скорости 40–45 уз, при этом сформировались требования к режиму экономического хода (8–12 уз), позволяющего достигнуть дальности плавания 2500–3000 миль (т.е. длительности патрулирования – 200–300 ч). Основным недостатком остроскулых малых скоростных катеров является их недостаточная мореходность, что в проектировании сравнительно крупных (более 100 т) боевых катеров привело к появлению комбинированных обводов, а типовым режимом полного хода стал переходный к глиссированию. Исследования зависимости стоимости постройки и скорости катеров показали, что попытки при неизменном водоизмещении увеличить скорость, например, в полтора раза вызывают удвоение стоимости.

С начала шестидесятих годов среди проектантов рекордных и спортивно-прогулочных катеров в Италии, Великобритании и США, экспериментировавших с применением различных типов мощных облегченных двигателей, новых движителей и трансмиссий (в основном методом проб и ошибок) сформировалась концепция обводов типа «глубокое V».

Первыми пришли к мысли о целесообразности увеличения килеватости днища конструкторы гоночных катеров открытого моря. Соревнования таких катеров на дальних дистанциях с частой непредсказуемыми ухудшениями волнового режима на трассе гонок заставили конструкторов в целях повышения мореходных качеств перейти к увеличенному углу килеватости – до $15\text{--}25^\circ$, что в сочетании с заострением носовых ватерлиний обеспечивает более мягкое вхождение глиссирующего корпуса в профиль волны. Глиссирующие катера с днищем «глубокое V» на тихой воде были хуже, чем у плоскодонных, однако при ходе на волнении они развивали большую скорость.

Необходимо упомянуть работавших в этом направлении наиболее выдающихся конструкторов, в их числе:

- Ренато (Сонни) Леви (Renato Levi, Италия, род. в 1926 г.) – дельтавидные корпуса высокоскоростных катеров, «морской нож», катера с волнопронзающими корпусами, создатель целого ряда рекордных катеров и катеров-перехватчиков для итальянской Финисовой гвардии, привод Леви;
- Дональд Джоэл Аронау (Donald Joel Aronow, США, 1927–1987) – знаменитые катера семейства «Cigarette», как гоночные, так и в виде скоростных моторных яхт;
- Доналд Шед (Donald Karl Shead, Великобритания, род. в 1936 г.) – однокорпусные гоночные катера и яхты алюминиевой конструкции;
- Оке Маннерфельт (Ocke Mannerfelt, Швеция, род. в 1948 г.) – высокоскоростные катера со спонсонами дельтавидной формы, создающими аэродинамическое поддержание корпуса.

Значительный вклад в совершенствование обводов скоростных глиссирующих катеров сделан итальянским конструктором Фабио Буцци и британским конструктором и испытателем Эрбилом Сертером, благодаря их изобретениям удалось снизить сопротивление катера при выходе на глиссирование (срезать «горб» сопротивления), уменьшить скорость начала глиссирования, ходовой дифферент и волнообразование.

В конце пятидесятих–начале шестидесятих годов в поисках путей увеличения подъемной силы глиссирующего днища большое внимание было уделено совершенствованию формы и конструкции реданов – уступов на глиссирующей поверхности днища, которые использовались на скоростных

катерах с начала века. Один из первых патентов на реданный глиссер был получен французом Леоном Левассером (1906 г.).

Уступы (от одного до пяти) были ориентированы поперек днища и обеспечивали частичную воздушную смазку заряданной поверхности днища, существенно снижая сопротивление воды движению катера. Так, на днище катера «Maple Leaf IV» длиной 12,2 м и водоизмещением 5,25 т конструкции Саундерса было установлено пять поперечных реданов (рис. 3). В 1912 г. этот катер смог развить 50 уз. В основу обводов данного катера был положен патент Уильяма Фобера 1908 г.



Рис. 3. Моторный катер «Maple Leaf IV»

Поперечные реданы использовались на высокоскоростных катерах различного назначения более ста лет и применяются до настоящего времени.

Однако на катерах с днищем «глубокое V» широкое применение, начиная с шестидесятых годов, нашли продольные реданы (rails), ориентированные по линии тока воды (по рыбинам) или параллельно ДП (рис. 4).

Наряду со скуловым брызгоотбойником такие реданы (от одного до трех с каждого борта), имея плоские сечения нижней поверхности, близкие к горизонтальной, или с отрицательной килеватостью 5–7°, иногда снабженные ножеобразными надделками, на высокой скорости создают дополнительную подъемную силу, достигающую 20–30% суммарной силы, обеспечивающей глиссирование катера, и тем самым существенно компенсируют упомянутые недостатки V-образного днища.

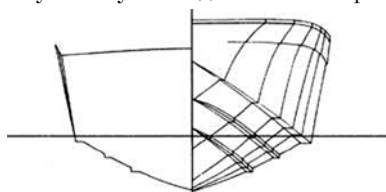


Рис. 4. Расположение продольных реданов на 38-футовом катере (слева) и на 40-футовом катере «Собра» (справа) конструкции Дональда Шеда, Великобритания

При разных обводах корпусов глиссирующих катеров возможно эффективное применение различных вариантов формы и конструкции реданов, в том числе комбинация продольных и поперечных, перпендикулярных ДП, и имеющих стреловидную в плане форму.

В середине девяностых годов американской фирмой «Regal Boats» была запатентована и успешно применена на быстроходных прогулочных катерах длиной 5,5–6,5 м с днищем «глубокое V» система продольных и поперечных реданов с индуцирующей подсос воздуха наделкой у скулы (FASTRAC

hull). Эта система (рис. 5) позволила за счет интенсивной воздушной смазки глиссирующей поверхности снизить сопротивление движению и увеличить скорость хода примерно на 20% по сравнению с катерами с обычным днищем и до 40% уменьшить расход топлива.

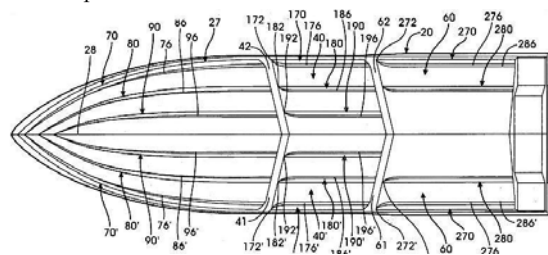


Рис. 5. Расположение продольных и поперечных реданов на днище глиссирующего катера. Патент US 6925 953 B1

Особо следует отметить английского теоретика, изобретателя и экспериментатора Эрбила Сертера (Е.Н. Serter) – члена RINA и британской Королевской академии наук, автора капитального труда «Hydrodynamics and Naval Architecture of Deep-V Hull forms», более 30 лет посвятившего решению проблемы повышения мореходных качеств скоростных судов и выполнившего более 1000 испытаний моделей в опытовых бассейнах и десятков самоходных моделей в морских условиях. В 1988–1991 гг. в Гамбургском опытовом бассейне (HSVA) проводились испытания его моделей серии 6X, завершившиеся постройкой 8-метровой самоходной модели, в 1993–1994 гг. там же испытывались модели серии 7X применительно к натурным корпусам длиной от 20 до 65 м.

Исследования Э. Сертера показали, что правильно подобранная и взаимно согласованная форма носовых и кормовых участков батоксов корпуса скоростных судов с «вогнутым» днищем (отогнутая вниз поверхность кормовых участков днища, работающая как транцевые плиты), несмотря на некоторое увеличение смоченной поверхности, позволяет снизить общее сопротивление движению, резко уменьшить носовое волнообразование и избежать значительных перегрузок при ходе на встречном волнении.

В 2000 г. в Великобритании построен экспериментальный катер Е-7Х длиной по КВЛ 10,0 м с $L/B = 3,2$. Параметры модели предполагали использование результатов испытаний для катеров длиной до 36 м водоизмещением до 170 т.

Создание современных высокоскоростных катеров различного назначения стало возможным благодаря достижениям в области гидродинамики, разработке легких и прочных конструкционных материалов и снижению удельной массы главных двигателей, используемых в энергетических установках этих катеров. Инновационные разработки в указанных основных направлениях проводились на протяжении минувших десятилетий более или менее эволюционным путем, хотя и не без прорывных ускорений в отдельных областях.

С середины прошлого века можно выделить следующие этапы развития высокоскоростных катеров, являющиеся результатами соответствующих НИОКР, проводившихся как с участием государств, так и по инициативе и на средства частных лиц.

Конеч пятидесятыхх – начало шестидесятых годов XX в. – практическое применение несущих подводных крыльев в коммерческом судоходстве и на боевых катерах в Италии, СССР (неуправляемые), США и Канаде (глубокопогруженные с автоматическим управлением). Недостатки: ограниченная мореходность, высокая стоимость.

Практическое применение воздушной подушки (ВП) для снижения сопротивления воды в транспортном катеростроении и в создании катеров военного назначения (главным образом, десантных). Амфибийные и скеговые катера на ВП. Недостатки: ограниченная мореходность, низкая надежность гибких ограждений. Скорость – до 60 уз (подлом носового гибкого ограждения под скоростным напором).

Появление композитных материалов для формовки корпусов катеров и моторных яхт. Армированные стекловолокном, стекломатами, стеклотканью и ровнищей. Пропиточные смолы, сэндвичевые конструкции (торговая марка Divynicell фирмы «DIAB»).

С конца шестидесятых годов – применение углеродных волокон в качестве армирующего материала. За счет использования легких армирующих волокон (кевлар, борон) и увеличения соотношения массы армирующего волокна к массе смолы от 3:1 (стеклопластик) до 7:1 появляются облегченные на 25–35% перспективные композитные материалы, обеспечивающие прочность и долговечность не ниже, чем у алюминиевых сплавов. Достоинства: возможность создавать корпуса практически любой формы с гладкой поверхностью, высокая прочность, облегчение конструкции. Недостатки: сложность изготовления (матрицы, ручная укладка армирующего материала и пропитка смолами набора).

Литьевое производство корпусов из изотропных пластмасс для катеров длиной до 6 м.

Шестидесятые – восьмидесятые годы – в области пропульсивных систем: создание высокоскоростных дизелей облегченной конструкции с турбонаддувом: Seatek (1986–1988), Isotta Fraschini, Lombardini, Sterling, Yanmar, Cummins, MTU. Подвесные моторы мощностью 250–300 л.с. Вытеснение бензиновых двигателей. Использование на боевых и гоночных катерах легких авиационных ГТД (0,3–0,5 кг/л.с.) – Rolls-Royce «Gnome», Lycoming/Whispering Turbines, General Electric LM-1500. Для катеров, создававшихся с единственной целью – установление мирового рекорда скорости передвижения на воде, применялись реактивные двигатели*.

Эволюция в конструкции движителей: уменьшение диаметра и повышение частоты вращения гребных винтов гоночных катеров, переход к суперкавитирующим винтам (в том числе частично погруженным – ЧПВ). Появление приводов ЧПВ – Леви, Арнесон и его производные с шарнирно-поворотными валами, Trimax (с середины семидесятых годов по настоящее время).

С конца восьмидесятых годов началось широкое применение на катерах различного назначения водометных движителей (water jet – WJ). При неоспоримых достоинствах для высокоскоростных катеров они обладают серьезными недостатками: большим весом (по сравнению с ЧПВ), высокой стоимостью, ограничениями по скорости (до 60 уз).

Развитие известных ранее, появление и развитие в последние два-три десятилетия новых архитектурных типов высокоскоростных катеров с двумя и тремя корпусами, в том числе волнопронизывающими (wave piercing).

Современные сверхскоростные катера для несения патрульной службы, как правило, имеют остроскулые обводы с брызгоотбойниками вдоль всей скулы и с сечением днища в форме «глубокое V» с килеватостью у транца 18–25°. Зачастую этот угол распространяется на протяжении 35–50% длин корпуса от транца.

На днище обычно два продольных реданы с каждого борта. Из практики создания гоночных глиссирующих катеров заимствованы сочетания продольных реданов с одним или, чаще, двумя поперечными реданами за миделем.

Катера имеют, как правило, относительно узкие корпуса с сильно заостренной носовой оконечностью, соприкасающейся с водой лишь при ходе на волнении. Отношение «статической» длины по ватерлинии к ее ширине составляет 3,2–4,5, тогда как отношение общей длины корпуса к его ширине составляет 4,0–5,3. Острый носовой свес обеспечивает снижение перегрузок при встрече глиссирующего на большой скорости корпуса с волной.

Весьма интересно сравнить два наиболее совершенных высокоскоростных катера для морских силовых структур од-

* Абсолютный рекорд скорости на воде поставлен в 1978 г. австралийцем Ken Warby – 511 км/ч на катере «Spirit of Australia» с реактивным двигателем. Предпринимаются попытки превзойти 600 км/ч.

ного года постройки (1989) – британский «Viper» и испанский «Cormoran» (рис. 6 и 7).

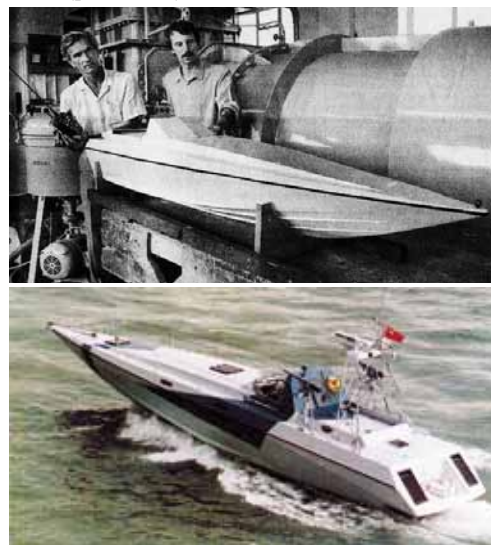


Рис. 6. Катер «Viper» фирмы «Vosper-Thornycroft», 1989 г. Размеры – 18,60 × 3,80 × 2,40/0,89 м

При близких размерах (ширина по КВЛ одинакова, габаритная длина отличается на 1,6 м) оба катера имеют корпус из композитных материалов (пластик на основе кевлара у первого и армированный углеродом пластик и второго) и дизели в качестве главных двигателей (12-цилиндровый MAN 2842 мощностью 750 кВт у первого и 16-цилиндровый General Motors 16V92TA у второго).

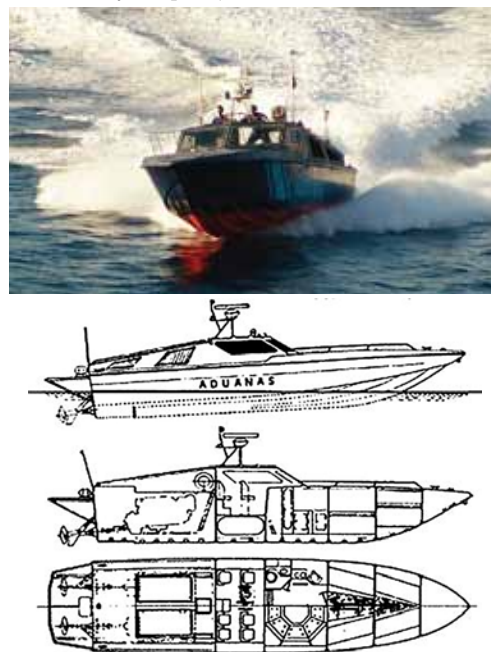


Рис. 7. Катер «Cormoran» фирмы «Rodman Polyships», Испания, 1989 г. Размеры – 17,00/13,80 × 4,00 × 1,00 м

Управляемый экипажем их двух человек «Viper» имеет запас топлива 3,2 м³ и дальность плавания 600 миль 35-узловым ходом, в каюте имеются восемь амортизированных кресел. «Cormoran» при запасе топлива 2,3 м³ обладает дальностью плавания 40-узловым ходом 350 миль. Размещаются на нем шесть человек.

При двух более мощных и более тяжелых дизелях General Motors 16V92TA × 1044 кВт «Cormoran», оборудованный приводом Арнесона, двумя ЧПВ «Rolla» при полном водоизмещении 22 т развивает полный ход 67 уз, тогда как 13-тонный «Viper», имеющий в качестве движителя привод Леви и менее мощные двигатели, – 56 уз. ■

Многолетний опыт судостроителей, высокое качество исполнения работ, стабильное финансовое положение позволяют ОАО «Судостроительная фирма «Алмаз» четко и в срок выполнять заказы на строительство кораблей и катеров для охраны рубежей нашей страны.

3 сентября 2012 г. на предприятии состоялось подписание акта приема-передачи пограничного сторожевого корабля (ПСКр) пр. 22460 «Жемчуг». Это третий корабль данной серии, построенный на «Алмазе» для Пограничной службы ФСБ России.

21 сентября на фирме состоялись торжественные мероприятия, посвященные церемонии подъема флага ВМФ на ПСКр пр. 22460 «Жемчуг» и закладки четвертого ПСКр этого же проекта, получившего название «Изумруд».



Необходимо отметить, что фирма «Алмаз» успешно строит серию кораблей этого проекта, начиная с 2007 г., когда был заложен первый корабль, получивший название «Рубин».

По планам Пограничной службы ФСБ России необходимо построить 25 кораблей данного проекта, и ОАО «СФ «Алмаз» готово выполнить поставленную задачу.

Кроме кораблей данного проекта на верфи успешно ведется строительство пограничных катеров пр. 12200 «Соболь». В нынешнем году предприятие уже передало два катера Пограничной службе ФСБ РФ и продолжает строительство катеров пр. 12200. Всего на «Алмазе» уже построено 16 катеров типа «Соболь».

Продолжается также строительство пограничного судна ледового класса пр. 22120, это уже второй корабль данной серии. Первый был сдан заказчику в 2010 г.

Успешное проведение заводских ходовых и государственных испытаний кораблей подтверждает, что ОАО «Судостроительная фирма «Алмаз» – надежный поставщик кораблей и катеров для защиты границ нашей Родины. ■

«АЛМАЗ» УКРЕПЛЯЕТ ГРАНИЦЫ РОДИНЫ

ОАО «Судостроительная фирма «Алмаз»,
контакт. тел. (812) 235 9436



ПСКр пр. 22460 «Жемчуг»



Подписание акта приема-передачи пограничного сторожевого корабля (ПСКр) пр. 22460 «Жемчуг»



Судно ледового класса пр. 22120

Проектно-конструкторские организации составляют неотъемлемую и важнейшую часть судостроительной промышленности Российской Федерации. К сожалению, сегодня обеспеченность российских судостроительных предприятий современными программными средствами свидетельствует о наличии системных проблем, не позволяющих в полном объеме реализовать задачи развития конкурентоспособного судостроения в целом.

Основной проблемой проектных организаций является отсутствие единой политики в области информационных технологий. Системы проектирования, используемые в настоящее время на предприятиях отечественного судостроения (Catia, AVEVA-TRIBON, Unigraphics NX, SolidWorks), относятся в основном к CAD-системам. Технологии CAE-систем, ERP-систем не нашли широкого применения и внедряются недостаточно. Используемые системы часто не соответствуют уровню сложности проектируемых и строящихся объектов. Из-за отсутствия координации проектно-конструкторские бюро и верфи внедряют практически несовместимые системы разработки проектной и строительной документации. Эффективность инвестиций в информационные технологии на большинстве предприятий отстает от мирового уровня.

Сложившаяся практика разработки эскизных и технических проектов силами одной организации без взаимодействия с судостроительным предприятием негативно влияет на конечное качество проектных работ. Это неизбежно приводит к значительному увеличению общего цикла проектирования, отсутствию персональной ответственности за допущенные ошибки, неопределенности в решении вопросов, корректировке документации и конечному общему удорожанию стоимости судна. Деятельность проектных организаций отрасли и судостроительных предприятий в Российской Федерации требует принятия мер законодательного характера и нормативно-правового регулирования, направленных на создание условий для ликвидации отставания технического уровня отечественного флота и создающей его судостроительной промышленности от лидирующих позиций.

Назрела необходимость разработки Единого положения по проектированию гражданских судов морского и речного транспорта. Используя накопленный годами опыт проектирования и строительства судов с учетом современных средств автоматизации, необходимо устанавливать порядок согласования, утверждения проектов, наблюдений за строительством, испытаний, приемки и сдачи судов для государственных нужд,

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗАКАЗА

А.М. Абдрахманов, зам. главного конструктора проекта,
Д.В. Сергеевич, инженер-конструктор,
С.Н. Степанов, инженер-конструктор,
ОАО «Адмиралтейские верфи»,
контакт. тел. (812) 714 8731, 494 7856, 714 8056

а также ввести на предприятиях компании систему электронного документооборота.

Нынешняя ситуация в мировом судостроении характеризуется тенденцией падения цен на проектирование и постройку судов, а также снижением сроков выпуска продукции в условиях усиленной конкуренции предприятий.

В основе цены судна лежат затраты на его строительство. Необходимо помнить, что одним из главных факторов, которые учитываются при ценообразовании, являются издержки. В целом на верфях России затраты на строительство судов выше, чем на зарубежных верфях, что связано с менее высокой производительностью труда и действующим уровнем налогообложения. Таким образом, российские верфи не могут полноценно конкурировать с зарубежными компаниями.

Использование современных компьютерных технологий позволяет в значительной степени снизить издержки производства. Например, принципы электронного моделирования, использование электронных хранилищ информации, электронных подписей и другие меры позволяют избежать ошибок при проектировании, исключить возможность двоякого толкования как разработанных документов, так и нормативной документации, применяемой при строительстве заказа, увеличить скорость разработки рабочей документации. Также становится возможным оперативная передача данных в производственные подразделения, оперативный обмен замечаниями, что в итоге приводит к слаженной эффективной работе всех подразделений предприятия и сокращению простоя производственных мощностей. Все это ведет к снижению издержек и появлению возможности конкуренции с мировыми производителями.

На мировом рынке CAD/CAM-систем можно выделить систему TRIBON как одну из распространенных систем автоматизированного проектирования (САПР) высокого уровня. Это комплексная система автоматизированного проектирования (CAD) и инженерного анализа (CAE), включающая в себя передовой инструментарий трехмерного моделирования, подсистемы программной имитации сложных технологических процессов, развитые средства анализа и единую базу данных текстовой

и графической информации. Система позволяет успешно решать все задачи технической подготовки производства, от внешнего (концептуального) проектирования до выпуска чертежей, спецификаций и монтажных схем.

По мнению авторов, перед всеми предприятиями судостроительной отрасли стоят в основном три задачи:

- управление жизненным циклом и поддержка актуального проектирования. Решением данной проблемы является создание актуальной рабочей модели проекта;
- своевременное планирование и управление процессами изменения строительства заказа. Решением является создание сквозных и взаимосвязанных графиков постройки заказа;
- создание единого хранилища актуальной информации по проекту и строительству заказов.

Все подходы предусматривают использование единой базы данных о технологических процессах и ресурсах. Сам подход к судостроению как отраслевому сегменту базируется на понятии технологического процесса и совместной работе над проектом. Управление данными о продукте в технологическом процессе позволяет сохранить и повторно использовать базу данных предприятия, которая по своей сути является базой знаний или накопленным опытом.

На данный момент нами разработаны следующие концепции проектирования, включающие несколько этапов.

Первый этап – реализация принципа актуальной электронной модели. Он позволяет интегрировать все этапы проектирования заказа, такие как размещение оборудования, трубопроводов, электрики и т. п. На этом этапе возможно точное трехмерное определение заказа. Но особенно важно то, что электронная модель используется всеми участниками проекта для одновременного параллельного выполнения проектирования. Своевременная корректировка строящегося заказа позволяет работать быстрее и оперативнее. Для этого предлагается разработать Положение о работе в электронной модели, в котором будут описаны все стадии создания, корректировки и согласования чертежей.

Второй этап – это так называемая система планирования и оперативного контроля: продукт–технологический

процесс–ресурс. На этом этапе мы не только обрабатываем данные об изделии, но и управляем данными технологического процесса и данными ресурсов. Таким образом, с помощью планирования мы управляем всем процессом производства. Опорными, используемыми как фундамент, являются сроки выпуска рабочей документации. Интеграция данных о продуктах, процессах и ресурсах исключительно важна как способ оптимизации проектирования и производства заказа. Эта система позволяет на основе правил проектирования сохранять и повторно использовать базу знаний предприятия. Если учесть, что проектирование – процесс итерационный, то использование базы знаний может существенно облегчить автоматизацию процесса оптимизации изделия.

Третьим, основным, этапом считается создание системы электронного документооборота с обеспечением доступа всем заинтересованным участникам проекта.

При моделировании элементы металлоконструкций блоков и секций размещаются внутри судовой поверхности в трехмерном режиме с привязкой к координатной системе. При этом образуется иерархическая структура объектов сборочной секции. Все элементы этого объектно-ориентированного процесса имеют широкий набор наследуемых и редактируемых параметров. Для проектирования различных судовых механизмов, оборудования, электрики и т. п. используется весь арсенал модулей САПР. Выполняется анализ пересечений и зазоров элементов насыщения, коммуникаций и корпусных конструкций. Генерируются сборочные и рабочие чертежи со спецификациями. Для электротехнического оборудования используются специальные модули компоновки и прокладки. Это приводит к необходимости определения правил формирования элементов модели, а именно присвоения имен объектам, позволяющее оперативно отслеживать их положение в модели, производственном цикле и документации, что в итоге позволит избежать дальнейших проблем с администрированием и корректировкой модели.

На основе этих решений и с использованием стандартной реляционной СУБД создается единая многопользовательская база знаний, содержащая всю текстовую и графическую информацию о проекте или обеспечивающая доступ к этой информации и ее учет, а также предоставляющая реальные возможности для одновременного согласованного проектирования силами различных рабочих групп с контролем доступа в базу отдельных групп и пользователей. В целях сокращения сроков строительства заказа процессы проектирования



Первое судно с 80%-ной проработкой трехмерной модели и поддержкой ее актуальности

и постройки идут параллельно. Необходимым условием создания актуальной электронной модели заказа является своевременная и быстрая обработка изменений в рабочем проекте. Это позволит избежать ошибок при дальнейшем проектировании.

Для эффективного управления процессом производства необходимо иметь четкое представление об этапах производства и их длительности. Современные программные средства позволяют наилучшим образом решить данную проблему. Одним из предпочтительных способов ее решения является представление процесса производства в виде графиков, с опорой на технологическую схему строительства заказа, начиная от глобальных процессов и заканчивая выпуском документов с привязкой к производственным процессам. Распределение работ по графику выпуска документов логично закрепить за руководителями отделов (например, график выпуска чертежей, график решения вопросов и т. д.). Далее по иерархии сроки сводятся в более глобальные графики производства.

Электронный документооборот находит все большее применение в различных сферах деятельности. Организация работы современного предприятия предполагает оперативное информационное обслуживание. Сроки подбора всех документов по запрошенному вопросу не должны превышать нескольких часов.

Также стоит отметить, что при подготовке конструкторского документа следует получить подписи большого количества согласующих надзирающих органов, каждый из которых должен внимательно изучить документ и при необходимости дать свои замечания. При этом часто возникает необходимость ознакомиться со вспомогательными документами. На данный момент много времени теряется на стадии согласования документа.

Создание единого информационного пространства, объединяющего множественные архивы (основной технический архив, а также архивы подразделений – проектирования, технологий, оснастки, строительно-монтажный и т. д.), позво-

лило бы оперативно и точно получать требуемую документацию, устранять проблемы дублирования и потерю архивных документов. Применение современных систем автоматизации проектных работ (САПР) предполагает оперативное информационное обслуживание, сокращение сроков подбора документов. Поэтому задача внедрения электронных архивов технической документации САПР является актуальной.

Одним из принципиальнейших вопросов остается вопрос о легитимности документов и данных. Необходимо также учитывать, что при одобрении документа существует определенная последовательность визирования. При применении принципа электронных подписей эта последовательность сохраняется. Для исключения длительного одобрения, связанного с противоречащими замечаниями разных подразделений и организаций, вводят систему предварительного сбора замечаний от всех участников согласования и процедуру обсуждения наиболее противоречащих друг другу замечаний и предложений с фиксированием принятия определенного решения, что в будущем, при выполнении производственных работ, позволит оперативно решать вопросы заказчика и Российского Морского Регистра без отвлечения от основной работы конструкторско-технологические службы завода.

Подводя итог, необходимо отметить, что перед нами стоит очень серьезная задача по автоматизации процесса проектирования. При ее решении возникает множество проблем и нюансов, которые необходимо учитывать при разработке Положения, а также при внедрении электронного документооборота.

Однако решение поставленной задачи позволит сформировать единую политику в области информационных технологий для всей «ОСК», а значит, всем участникам проектирования работать слаженно. Можно будет применять принципы сквозного проектирования. Все это приведет к снижению трудоемкости проектирования и производства, а также к снижению издержек и сроков выпуска продукции. ■

Освоение биологических ресурсов Мирового океана является обязательным и необходимым условием сохранения и расширения сырьевой базы РФ, обеспечения ее экономической и продовольственной безопасности, а также активного присутствия в отдаленных районах этого океана.

Сегодня освоение Мирового океана возможно лишь при более тесном взаимодействии представителей всех отраслей экономики, всех видов хозяйственной деятельности человека, так или иначе связанных с изучением и освоением океана.

В структуре нынешнего флота большая часть представлена судами, построенными в Советском Союзе. За последние 20 лет произошло сокращение численности судов добывающего флота (примерно на 25–30 %), поскольку темпы строительства новых судов совершенно не покрывают темпы износа и выхода из строя старых. Особенно резким был спад числа крупнотоннажных судов. При этом за последние 20 лет в России не было построено ни одного крупнотоннажного судна. Такая ситуация обусловлена во многом тем, что в СССР крупнотоннажные суда строились только в г. Николаев, на Украине.

Для выхода из кризисного состояния рыбной отрасли требуется принятие комплекса кардинальных мер, особенно остро стоит проблема восстановления отечественного промысла в традиционных открытых районах Мирового океана, в том числе пополнения флота новыми промысловыми судами.

В связи с этим в августе 2012 г. ОАО «КБ «Вымпел» в рамках Государственного контракта с Министерством промышленности и торговли Российской Федерации приступило к разработке технической документации на проектирование большого морозильного рыболовного траулера (БМРТ).

Судно предназначено для вылова минтая и производства мороженой рыбопродукции из минтая – филе мороженого, фарша мороженого, икры и муки рыбной кормовой. Кроме этого, предусмотрена возможность вылова сельди тихоокеанской, лемонемы, кальмара и выпуска из этих видов рыб мороженой продукции.

С июля по август судно предполагается использовать на прием сырка лосося от сторонних организаций и выпуск из лосося мороженой продукции, икры и молока.

Район плавания – неограниченный, в том числе север Атлантического океана, включая Баренцево море, север Тихого океана, Берингово и Охотское моря.

Судно спроектировано на класс Российского Морского Регистра судоходства KM Ice3 AUT1 (REF) ECO Fishing vessel.

БОЛЬШОЙ МОРОЗИЛЬНЫЙ РЫБОЛОВНЫЙ ТРАУЛЕР

В.В. Шаталов, генеральный директор,
В.В. Волков, главный конструктор, ОАО КБ «Вымпел»,
контакт. тел. 8 (831) 439 6723

Архитектурно-конструктивный тип: рыболовный траулер с ледовыми усилениями, носовым и кормовым подруливающими устройствами, кормовым слипом для спуска и подъема трала, рефрижераторным трюмом вместимостью около 6400 м³ для хранения рыбной продукции при температуре –30 °С, рефрижераторным трюмом для рыбной муки вместимостью около 1700 м³ и рыбоперерабатывающим цехом. В нем предусмотрены единое навигационное и промысловое рыбное оборудование и дизельная установка.

Основные характеристики судна

Длина, м:	
наибольшая.....	119,9
между перпендикулярами.....	112,6
Ширина расчетная, м.....	23,0
Осадка по летнюю	
грузовую ватерлинию, м.....	8,0
Условия эксплуатации.....	
круглогодичная, в соответствии со знаком категории ледовых усиленных в символе класса судна	
Автономность плавания:	
по запасам топлива,	
смазочного масла и провизии.....	50 сут.
по запасам пресной воды.....	
не менее 5 сут. (с учетом пополнения запаса от обратноосмотической установки – не ограничена)	

Остойчивость судна во всех эксплуатационных случаях удовлетворяет требованиям Правил Российского Морского Регистра судоходства (РМРС), предъявляемым к судам неограниченного района плавания.

Непотопляемость судна во всех эксплуатационных случаях нагрузки обеспечивается при затоплении одного отсека с выполнением требований Правил РМРС.

Скорость судна при водоизмещении по летнюю грузовую марку при суммарной номинальной мощности энергетической установки 9000 кВт составляет 15 уз и 6–7 уз при тралении.

Суммарный объем трюмов мороженой продукции – около 6400 м³ и рыбной муки – около 1700 м³. Помещения в полной мере отвечают требованиям, предъявляемым к хранению, перевозке и перегрузке мороженой продукции.

Экипаж судна и производственный персонал рыбоперерабатывающего комплекса составляет 248 человек, что позволяет обеспечить промышленную работу судна по своему назначению с учетом применяемых средств механизации и автоматизации оборудования

и совмещения профессий. Члены экипажа располагаются в одноместных и двухместных каютах, производственный персонал – в четырехместных каютах.

В каютах, общественных помещениях, помещениях медицинского назначения и технической эксплуатации предусмотрена система круглогодичного кондиционирования воздуха.

Конструкция корпуса, механизмы, оборудование и системы судна удовлетворяют требованиям МАРПОЛ–73/78 по предотвращению загрязнения окружающей среды.

Спасательные устройства и средства выбраны из условия выполнения требований СОЛАС–74.

Грузовые устройства судна работоспособны при волнении до 6 баллов и обеспечивают разгрузку–погрузку трюмов в условиях берега и промысла при взаимодействии с грузовыми устройствами принимающих судов.

Средства трюмной механизации обеспечивают механизированную транспортировку и укладку рыбной продукции в грузовых помещениях при загрузке, а также доставку рыбопродукции на просвет люка при выгрузке с минимальным применением ручного труда.

Рыбоперерабатывающий комплекс обеспечивает кормовое траление разнотравами тралами (пелагическое траление), а также с использованием специального «рыбного» насоса.

Замораживание рыбной продукции в блоках осуществляется в горизонтальных плиточных аппаратах с использованием автоматического взвешивания, упаковки и укладки готовой продукции и рыбной муки на паллеты.

Для поиска скоплений рыб при исследовательских и промысловых операциях судно оборудовано промысловыми эхолотами. Контроль и управление промысловыми операциями осуществляется с помощью автоматизированной системы, включающей систему управления промысловыми устройствами; беспроводную систему контроля и позиционирования трала; комплект траловых датчиков и беспроводных приемников.

Контроль технических средств предусмотрен в объеме, соответствующем знаку автоматизации AUT 1 в символе класса по Правилам РМРС.

В рулевой рубке предусмотрено четыре поста управления: центральный, два бортовых и кормовой, позволяю-

щие управлять судном с каждого поста. Управление винторулевым комплексом осуществляется из рулевой рубки с помощью системы дистанционного автоматизированного управления.

Производственная холодильная установка автоматизирована по работе и оборудована системой контроля и сигнализацией, исключающей постоянную вахту у агрегатов установки.

Управление траловыми лебедками осуществляется с помощью автоматизированной системы управления.

Буксировочные модельные испытания, проведенные в опытовом бассейне с целью определения сопротивления модели и параметров качки на тихой воде и на волнении, подтвердили правильность выбранных технических решений, в том числе по ско-

рости и мощности энергетической установки.

Разработка проекта БМРТ, включая определение концепции его использования, выбор рациональных характеристик, технической оснащенности и экономических показателей, способствует созданию технической базы для последующего строительства этого судна на российских верфях. ■

С 4 по 7 сентября 2012 г. в Гамбурге прошла ведущая мировая специализированная выставка в области судостроения, судового машиностроения и морских технологий Shipbuilding Machinery and Marine Technology (SMM-2012). Проведенная в 25-й раз выставка привлекла 2100 экспонентов и свыше 50 тысяч посетителей, ее посетили многочисленные международные делегации и представители политики и бизнеса, в результате она стала самой успешной за всю историю проведения SMM и в очередной раз убедительно подтвердила свою позицию в качестве важнейшего индикатора морской индустрии.

Основными лозунгами проводимых мероприятий в Гамбурге, ставшем в эти дни мировой судостроительной столицей, было сохранение достигнутого уровня производства морской техники и обеспечение при этом высоких экологических стандартов.

«Нас особенно радует, что наша юбилейная выставка имела такой большой резонанс, – сказал г-н Bernd Aufderheide, управляющий директор «Hamburg Messe und Congress GmbH». – Большой интерес к выставке показывает, что именно в экономически сложный период важно обмениваться информацией, представлять себя и делать акцент на инновации. Для этого SMM – идеальное место». Он также подчеркнул, что «выставка показала ясные ориентиры будущего и полностью оправдала ожидания отрасли в качестве ведущей мировой дискуссионной площадки, места подписания выгодных сделок, оформления заказов на строительство новых судов и поставку судового оборудования».

Самую большую группу посетителей составили представители судоходных компаний, широко были представлены руководители и специалисты судостроительной промышленности, а также поставщики судового машиностроения и оборудования. На четвертом месте – посетители из сферы кораблестроения и обороны. Из-за рубежа прибыли 35% посетителей выставки, что на 2% больше, чем в 2010 г. Вдвое, до 16%, увеличилось количество посетителей из Азиатского региона.

Экспозиции предприятий разместились на площади 90 тыс. м². «Наше дитя уже достаточно подросло», – оптимистично подчеркнул г-н Jurgen Witte, председатель Общества судовых инженеров Гамбурга (VSIH). Именно это общество является идейным носителем и основателем SMM, которое «из маленького внутреннего мероприятия, где в 1963 г. 35 членов общества выставили свои экспонаты, выросло в самый значительный смотр достижений морской отрасли».

«Большую популярность выставка имела у зарубежных посетителей, особенно из Азии», – сказал д-р Alexander Nürnberg, управляющий фирмы «Hatlara» и председатель рабочей группы по судостроительной промышленности и поставкам оффшорного оборудования в Союзе немецких машиностроителей (VDMA). Он подчеркнул, что, «несмотря на сдержанный прогноз для строительства новых судов, поставщики проде-

ТЕНДЕНЦИИ МИРОВОГО СУДОСТРОЕНИЯ ПО ИТОГАМ SMM-2012

Е.А. Горин, д-р эконом. наук, советник,
Управляющая компания по строительству Ново-Адмиралтейской верфи,
К.С. Чернов, представительство «Hamburg Messe und Congress GmbH» в РФ,
контакт. тел. (812) 332 1437

монстрировали уверенность в увеличении в ближайшие годы объемов продаж благодаря внедрению интересных решений».

«Мы очень довольны. SMM является первоклассной выставкой, которая вносит огромный вклад в установление контактов между судостроителями и поставщиками», – отметил г-н Nick Yang, генеральный менеджер по продажам и маркетингу фирмы «Qingdao Qiyao Wärtsilä MHI Linshan Marine Diesel Co.», дочернего предприятия корпорации «China Shipbuilding Industry Corporation».

«SMM переживает взлет, потому что нигде больше нет такой прекрасной возможности встретить всех важнейших игроков – судостроителей, поставщиков и клиентов», – заявил г-н Oh-Yoon Kwon, генеральный менеджер Союза южнокорейских судостроителей «Koshira», представляющего таких ключевых «игроков» на судостроительном рынке, как Hyundai, STX и Hanjin.

Вице-президент Ассоциации Japan Ship Machinery & Equipment Association (JSMEA) г-н Yukinobu Fujimoto указал на возрастающее значение высоких технологий в современном судостроении и отметил, что «суда являются вложениями, которые приносят прибыли только через достаточно длительный период, а при длительных сроках позитивный результат может дать только высокое качество. Морской кластер Японии может предложить многое и, конечно же, использует возможность представить себя на SMM».

Свыше 30 стран организовали на выставке специальные национальные павильоны. «Мы выступаем здесь все вместе в объединенной экспозиции под патронажем Генерального секретариата экспортеров Стамбула», – заявил, например, г-н Savas Cap, представитель турецкой верфи Sefine Shipyard. Он указал, что именно коллективное участие «повышает наши шансы быть увиденными на выставке и облегчает контакты с клиентами и поставщиками из машиностроительной и смежных отраслей».

В очередной раз на SMM была представлена морская индустрия Индии, а г-н R.K. Kalra, вице-президент индийского Регистра судоходства, сказал: «Выставка представляет прекрасную платформу для встречи с клиентами и установления новых контактов. Мы провели большое количество переговоров и очень довольны ходом работы выставки. Мы будем рады, если встретим наших клиентов также на выставке SMM India».

Важно отметить, что обширная сопровождающая программа SMM в этом году состояла почти из 150 конференций, конгрессов, рабочих встреч и приемов. Основу деловой программы составили четыре мероприятия по ключевым отраслевым про-

блемам: форум SMM Ship Finance Forum, где 150 участников обсудили альтернативные возможности финансирования под девизом Tomorrow's Champions; конгресс по защите окружающей среды на море Global Maritime Environmental Congress (gmec) с 300 участниками; международная конференция по морской безопасности и обороне International Conference on Maritime Security and Defence (MS&D) с 250 участниками; форум SMM Offshore Dialogue с темами «оффшор–нефть и газ» и «оффшор–ветер» с 450 участниками.

Г-н Bernard Meyer, руководитель верфи Meyer Werft и вице-президент Европейской Ассоциации судостроения и морского оборудования SEA Europe указал на положительный эффект от проведения выставки SMM совместно с важными специализированными конгрессами. Он отметил, что «SMM является важным событием для судостроительной индустрии по всему миру. В Гамбурге встречаются все ведущие судостроители, судовладельцы и поставщики для того, чтобы обсудить новые технологии и инновационные решения в проектах судов, провести переговоры, а конгресс GMEC вновь дал видимые импульсы к тому, чтобы новые виды двигателей и эффективные формы преобразования энергии могли быть реализованы на судах и морских объектах».

Именно в этом году темы безопасности и обороны стали интегрированной частью SMM – в ее рамках прошла Международная специализированная конференция по морской безопасности и обороне Maritime Security and Defence (MS&D). Эта конференция привлекла в Гамбург высокопоставленных представителей военно-морских сил из разных государств, в том числе 14 военных делегаций из Азии, Африки, Европы и Южной Америки. Менеджер по продажам верфи Lürssen г-н Jörg Ahrens отметил, что «для верфи Lürssen – это настоящая удача, а комбинация SMM и MS&D – идеальная для нас». Верфь показала на своем стенде совершенно новый патрульный катер, в котором уникально совмещены стандарты гражданского судостроения и требования к боевым кораблям. Умную систему защиты от пиратов продемонстрировала фирма «LexGabinia», а ее управляющий директор г-н Sven Fürus отметил удачное размещение своей экспозиции в новом павильоне № 8 в разделе «Безопасность».

Для судовладельцев SMM является практически единственным шансом получить свежую и достоверную информацию о состоянии морской техники. «Постоянно повышающиеся цены на топливо всегда были причиной для поиска эффективных двигателей и разумного дизайна судна. Сегодня, однако, генеральное направление состоит в том, чтобы сделать судоходство чистым настолько, насколько это возможно. Ужесточающиеся стандарты по охране окружающей среды, а также желание многих судовладельцев использовать щадящие экологичные технологии способствуют подобным инновациям», – сказал г-н Michael Behrendt, президент Союза немецких судовладельцев и председатель правления пароходства Нараг-Lloyd.

«Именно в сложные времена необходимо смотреть вперед, – отметил г-н Werner Lundt, главный управляющий директор германского Союза судостроителей и производителей морской техники (VSM). – Промышленность должна себя выгодно представлять, поскольку выставка обеспечивает сбыт и, тем самым, перспективы развития».

«На проходящей выставке стало совершенно очевидно, что судовладельцы все больше начали инвестировать в «зеленое» будущее с целью повышения энергоэффективности и снижения вредных выбросов как на отдельных судах, так и в рамках целых флотов», – сказал г-н Torsten Schramm, главный управляющий Germanischer Lloyd и председатель на конгрессе GMEC.

Тема инноваций и продуктов, ориентированных на специальные требования, на прошедшей выставке стала особенно востребованной. «В меньшей степени сейчас обсуждается тема строительства новых судов, возрастает интерес к снижению расходов на эксплуатацию», – сказал д-р Stephan Timmermann,

член правления производителя двигателей MAN Diesel & Turbo. Сейчас возрастает интерес и судовладельцев, и судостроителей к обеспечению максимального эффекта с минимальным количеством финансовых затрат, что может быть достигнуто, например, посредством особых действий с двигателями или винтами, как это реализовано в продукте MAN-Alphatronic 3000, где осуществлено автоматическое согласование числа оборотов двигателя с винтом.

Эффективное управление судовыми механизмами и облегчение работы судовой команды стало новой задачей для деятельности норвежского предприятия «Kongsberg». Уже в период проведения SMM г-н Uwe Frenz, управляющий директор «Kongsberg Maritime», договорился о переоборудовании с этой целью двух судов комплексными распределительными устройствами с интегрированной системой автоматизации типа K-Chief 600. О положительных результатах переговоров о продаже своей продукции сообщили также г-н Dirk Lehmann, управляющий директор компании «Becker Marine Systems», и г-н Ulrich Weinreuter, председатель управляющего совета SAM Electronics. Фирмой «Voith Turbo» предложено инновационное подруливающее устройство Voith Inline Thruster для динамического позиционирования оффшорных судов обеспечения и плавсредств для установки ветряных энергоустановок.

Все большее внимание уделяется снижению расхода топлива судовыми движителями и, соответственно, уменьшению объема вредных выбросов. Новые международные требования определяют ужесточение контроля за выбросами оксидов азота и серы. В этом аспекте сохраняется интерес к использованию LNG. Так, по заявлению г-на Christos Ramnialis, управляющего вице-президента подразделения двигателей и приводных систем компании «MTU Friedrichshafen GmbH», увеличивается инвестирование в развитие газовых двигателей для мобильного использования. Причем, как подтвердил г-н Tor E. Svensen, президент норвежского классификационного общества DNV, именно для небольших каботажных судов LNG могло бы стать выигрышным решением.

Весьма дискутируемой темой стало управление балластными водами. Такие предприятия, как «Alfa Laval», «RWO» и «Mahle», готовят решения, которые позволяют судовладельцам выполнить возрастающие ограничительные требования и в течение ближайших лет переоборудовать десятки тысяч судов по всему миру.

Освоение шельфа уже много лет занимает исключительное важное место в судостроительной науке и технике. Прошедшая выставка в очередной раз показала, что оффшорная тематика стала дополнительным стимулом для инноваций в судостроении. Динамика численности мирового флота по исследованию запасов, добыче и транспортировке углеводородов приведена на рис. 1 и в табл. 1.



Рис. 1. Динамика пополнения мирового флота по добыче углеводородов

Насколько оффшорный сегмент важен для судостроительной промышленности, подчеркивает выбор «судна 2012 года». Эта церемония проводится уже многие годы по инициативе ведущего норвежского морского издания «Skipsrevyen». В

Численность и прогноз пополнения мирового флота по добыче углеводородов

Страна-владелец	Специализированные суда и плавсредства, единиц								Количество стационарных комплексов, единиц	
	Всего		в том числе, используемые для:							
			нефтеразведки		добычи		обслуживания			
	эксплуатация	портфель заказов	эксплуатация	портфель заказов	эксплуатация	портфель заказов	эксплуатация	портфель заказов	эксплуатация	портфель заказов
Австралия	105	5	26	1	26	1	53	3	32	1
Бразилия	196	85	39	20	76	21	81	44	87	2
Великобритания	356	27	222	14	57	3	77	10	191	6
Вьетнам	83	5	16	2	22	2	45	1	49	7
Дания	194	13	48	7	16	0	130	6	87	1
Индия	326	65	90	15	31	3	205	47	240	9
Италия	249	14	72	1	34	5	143	8	283	0
Канада	139	7	44	0	78	6	27	1	102	2
Китай	536	56	205	27	35	3	296	26	263	11
Малайзия	465	69	114	17	37	3	314	49	238	9
Мексика	200	5	43	4	22	0	135	1	237	9
Нидерланды	526	46	296	23	47	5	183	18	344	1
Нигерия	247	19	57	6	5	0	185	13	7	0
Норвегия	767	182 (15%)	332	77	53	15	382	90	41	2
ОАЭ	744	38	125	14	21	0	598	24	229	3
Саудовская Аравия	173	4	35	2	11	0	127	2	117	40
Сингапур	793	140	239	37	7	1	547	102	0	0
США	2573 (22%)	148	948	53	155	13	1470	82	3455	23
Франция	336	98	48	12	45	3	243	83	474	12
ВСЕГО	11649	1201	3819	405	1068	107	6762	689	7953	166

этом году церемония вручения такого приза прошла на стенде ассоциации Norwegian Marine Exporters, а победителем стало оффшорное судно обеспечения «Fair Solitaire», построенное верфью STX OSV Langsten в кооперации с Rolls-Royce Marine.

Необходимо отметить, что многие суда, строящиеся на норвежских верфях, представляют значительный интерес для специалистов. Однако, например, в 2011 г. эксперты не нашли судна, полностью соответствовавшего критериям «судна года». В табл. 2 перечислены победители этого престижного конкурса за последние годы.

Судно «Far Solitaire», отмеченное в этом году, отличается кроме всего прочего тем, что может принять большее количество

топлива и различных, в том числе токсичных, химикатов. «Оффшорный рынок больше не является лишь продуктовой нишей, это импульс для инноваций и новых технологий для всей норвежской промышленности», – сказал г-н Ole Henaes, генеральный директор Ассоциации Norwegian Maritime Exporters (NME).

В пользующемся большим интересом оффшорном сегменте успешно работают как азиатские, так и европейские верфи, например Nordic Yards. Д-р G nter Sens, старший вице-президент Департамента продаж и проектного дизайна этой судостроительной группы, отметил, что «SMM является для Nordic Yards идеальной платформой для того, чтобы представить себя международной специализированной публике как системного интегратора в морской отрасли».

Таблица 2

Лучшие норвежские суда за последние 10 лет

Год	Тип судна	Название судна	Верфь-строитель
2000	Паром с двигательной установкой на сжиженном газе	«Glutra»	Langsten AS
2001	Круизный лайнер	«The World»	Fosen Mekaniske Verksteder AS
2002	Корвет	«Svalbard»	Langsten AS
2003	Исследовательское рыбопромысловое судно	«G.O. Sars»	Flekkefjord Slipp & Maskinfabrikk AS
2004	Судно обеспечения буровых платформ	«Viking Avant»	Aker Yard AS, Langsten
2005	Лучшее судно 2005 года не было выбрано		
2006	Судно-буксировщик с системой якорной стабилизации для обслуживания оффшорных терминалов	«Bourbon Orca»	Ulstein Verft AS
2007	Судно для монтажа и ремонта морских платформ	«Normand Seven»	Ulstein Verft AS
2008	Судно для обслуживания морских платформ	«Island Wellserver»	Aker Yard ASA, Langsten
2009	Многофункциональное судно для обслуживания морских платформ и прокладки кабелей	«Far Samson»	STX Norway Offshore AS, Langsten
2010	Судно для монтажа и ремонта морских платформ	«Skandi Aker»	STX Norway Offshore AS, Søviknes
2011	Лучшее судно 2011 года не было выбрано		
2012	Химический танкер с функциями судна обслуживания морских платформ	«Far Solitaire»	STX OSV Langsten



Пока проходит SMM-2012, работа на верфях Гамбурга не прекращается

Интересно взглянуть на аналогичную конкурсную премию Ship of the Year германских судостроителей, ежегодно проводимую журналом «Hansa». Существенно, что из года в год число судов, строящихся на немецких верфях, неуклонно сокращается. Десятилетия ранее контейнеровозы составляли значительную долю в номенклатуре верфей Германии, сейчас же они практически исчезли из портфеля заказов. По-видимому, одни из последних судов этого класса были сданы в 2011 г., а перспективными продуктами стали круизные и оффшорные суда, паромы, мегаяхты, боевые корабли. Эта тенденция наглядно демонстрирует перечень «Ship of the Year» за последние годы (табл. 3).

Таблица 3
Лучшие германские суда за последние 10 лет

Год	Тип судна	Название судна	Верфь-строитель
2000	Быстроходное круизное судно	«Olympic Voyager»	Blohm + Voss
2001	Круизный лайнер	«Radiance of the Seas»	Meyer Werft
2002	Фрегат	«Sashsen»	Blohm + Voss
2003	Паром	«Tor Magnolia»	FSG
2004	Военное исследовательское судно	«Planet»	NSWE
2005	Круизный лайнер	«Pride of America»	Lloyd Werft
2006	Паром ConRo	«Pauline»	FSG
2007	Круизный лайнер	«Aladiva»	Meyer Werft
2008	Круизный лайнер	«Celebrity Solstice»	Meyer Werft
2009	Экспериментальное судно	«Elbe»	A&R
2010	Мегаяхта	«Eclipse»	Blohm + Voss
2011	Паром	«Seatruck Progress»	FSG

Между тем, в 2011 г. в качестве лучшего было названо специализированное судно – грузовой типа ро-ро паром «Seatruck Progress», построенный на верфи Flensburger Schiffbau-Gesellschaft, заказанный в августе 2010 г. и переданный в декабре 2011 г. судоходной компании «Seatruck Ferries». Это один из четырех удачно сконструированных и энергетически эффективных судов, построенных для британского паромного оператора и имеющих близкие параметры: длину 142 м, ширину 25 м и вместимость до 155 автоприцепов. Контейнерные паромы традиционно являются специализацией верфи FSG, причем этому предприятию удается строить такие суда более экономично, обеспечивая при эксплуатации расход топлива на 30% меньше по сравнению с аналогичными судами, построенными на других верфях. Это одна из основных причин для присуждения звания Ship of the Year и уже четвертая с 2003 г. награда такого рода судам, построенным на этой верфи.

Сложная ситуация на судостроительном рынке, отражающая последствия мирового финансового кризиса, заставляет правительства большинства стран, строящих суда, принимать меры по поддержке национальных производств, поэтому стоимость новых судов уже не определяется только рыночными механизмами. Общее ухудшение экономической ситуации привело к падению цен на суда в среднем на 4% в 2008 г. и до 22% в 2009 г. Вместе с тем в 2010 г. отмечен рост средних цен на 3,4% и вновь уменьшение на 2,5% – в 2011 г. В первой половине 2012 г. тенденция снижения цен сохранилась и составила в среднем около 7%, наиболее затронув контейнеровозы (до 20%) и балкеры (до 14%). Одновременно верфи в связи с недозагрузкой мощностей вынуждены соглашаться на сокращение сроков строительства судов – уменьшение времени между подписанием контракта и сдачей судна заказчику. Если в период судостроительного «бума» 2005–2007 гг. среднее время «работы верфей над заказом» возросло с 31 до 38 месяцев, то сейчас оно приближается к 30 месяцам, а для танкеров и балкеров – даже к 20 месяцам.

Динамика мирового судостроительного рынка в единицах дедевейта приведена в табл. 4, текущее состояние «портфеля» заказов по основным типам судов и странам – в табл. 5. Сохраняется лидерство верфей Юго-Восточной Азии, при этом в 2010–2011 гг. Китай уже опередил Японию и Южную Корею по количеству и суммарному тоннажу построенных судов (рис. 2). Как показано на рис. 3, судостроители Китая занимают первое место также по количеству новых заказов.

На мировом рынке строительства гражданских судов по-прежнему лидируют южнокорейские верфи: Samsung Heavy Industries (объем заказов – 134 судна общим тоннажем 6,6 млн.комп.рег.т), Daewoo Shipbuilding (113 судов; 5,5 млн.комп. рег.т), Hyundai Heavy Industries (108 судов; 4,9 млн.комп.рег.т), STX Shipbuilding (121 судно; 3,5 млн. комп.рег.т), Hyundai Mipo (147 судов; 2,8 млн.комп.рег.т) и Hyundai Sampo (62 судна; 2,8 млн.комп.рег.т), а также япон-

Таблица 4
Динамика мирового судостроительного рынка, млн.т дедевейта

	2007	2008	2009	2010	2011	По состоянию на август 2012 года
Суда, сданные заказчику						
Всего, в том числе:	81,2	91,5	116,9	150,5	162,5	104,7
газовозы	3,7	6,9	5,1	3,3	1,5	0,2
контейнеровозы	16,7	18,6	13,9	16,8	14,5	10,5
Заклученные контракты						
Всего, в том числе:	279,6	183,2	57,0	152,8	78,0	24,6
газовозы	2,8	1,0	0,2	1,1	4,4	2,5
контейнеровозы	38,4	12,7	1,2	7,2	20,3	2,6
Портфель заказов						
Всего, в том числе:	539,5	619,6	527,0	502,2	387,1	286,7
газовозы	16,4	10,5	5,4	3,1	5,8	7,9
контейнеровозы	79,7	74,1	58,6	45,5	49,8	41,1
Вывод судов из эксплуатации						
Всего, в том числе:	5,9	14,3	33,2	27,8	42,1	33,7
газовозы	0,5	0,6	0,7	0,7	0,5	0,1
контейнеровозы	0,3	1,7	5,9	2,0	1,2	2,1

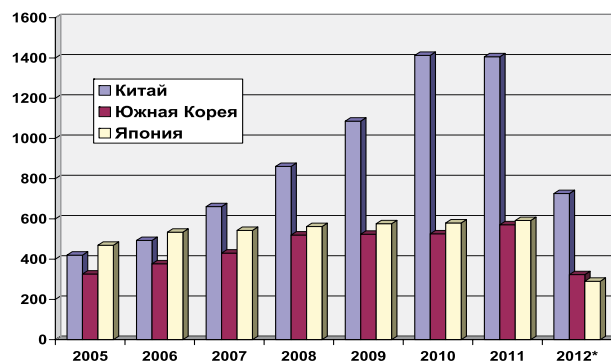


Рис. 2. Динамика количества сданных заказчикам судов в 2005–2012 гг. на верфях Китая, Южной Кореи и Японии
* По состоянию на август

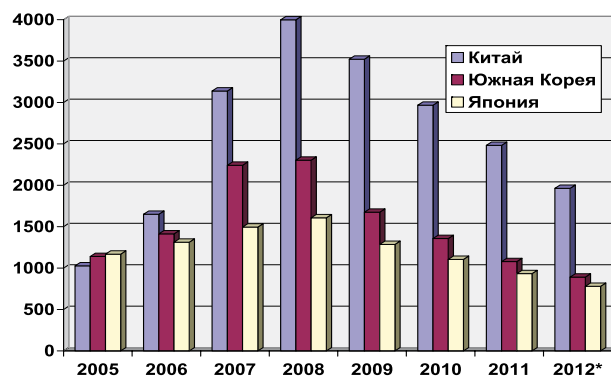


Рис. 3. Динамика изменения количества судов – суммарного портфеля заказов на верфях Китая, Южной Кореи и Японии в 2005–2012 гг.
* По состоянию на август

ская Oshima Shipbuilding Co. (114 судов; 2,1 млн.комп.рег.т) и китайские: Jiangsu Rongsheng (96 судов; 2,9 млн.комп. рег.т) и Dalian Shipbuilding (46 судов; 1,5 млн.комп.рег.т).

На фоне весьма непростой ситуации в мировом и особенно в европейском судостроении еще острее проявляются проблемы в отечественном транспортном и промышленном флоте, а реальное состояние российских верфей остается удручающим. Как было отмечено на IV съезде РосНТО судостроителей им. акад. А.Н.Крылова, доля России в мировых морских перевозках в 2011 г. не превысила 6%, в том же году отечественные верфи спустили на воду около 50 судов различного назначения, обеспечив менее 0,1% объема мирового судостроения.

Портфель заказов основных судостроительных стран (по состоянию на август 2012 г.)

Страна	Количество судов, ед.	В том числе:					Суммарный тоннаж, млн. комп. рег. т	Суммарный дедейт, млн. т	Общая стоимость заказов, млрд. долл.
		танкеры	балкеры	газовозы	контейнеровозы	оффшорные суда			
ВСЕГО	4886	575	1974	167	511	915	96,7	286,7	286,2
Всего в европейских странах, в т.ч.:	467	24	9	6	11	160	5,7	3,7	27,8
Германия	31	0	0	1	1	5	1,1	0,3	6,1
Испания	25	0	0	0	0	21	0,2	0,2	1,5
Италия	18	1	0	0	0	6	0,8	0,1	4,4
Нидерланды	87	0	0	2	2	11	0,4	0,7	2,4
Норвегия	84	0	0	0	0	79	0,7	0,2	5,7
Польша	22	0	0	1	0	9	0,2	0,1	0,6
Турция	68	9	1	2	4	4	0,6	0,6	1,4
Финляндия	8	0	0	0	0	5	0,2	0,1	1,2
Хорватия	16	6	2	0	0	1	0,4	0,4	0,6
Всего в странах Юго-Восточной Азии, в т.ч.:	4169	489	1962	153	497	597	87,5	275,7	236,3
Китай	1963	169	1007	38	208	278	35,2	121,7	76,8
Южная Корея	891	246	193	95	231	71	30,3	78,3	104,5
Япония	780	57	611	20	9	19	15,6	59,7	35,8
Другие страны, в т.ч.:	250	62	3	8	3	158	3,4	7,2	22,0
Бразилия	143	53	2	6	11	160	2,5	5,9	15,8
США	73	5	0	0	0	61	0,6	0,7	3,4

При этом российские судовладельцы ежегодно размещают за рубежом судостроительные заказы на сумму до 1 млрд. долл.

В этом году российская национальная экспозиция была представлена на выставке в девятый раз, пунктом притяжения которой стал стенд морской столицы России – «Судостроительный кластер Санкт-Петербурга», организованный при поддержке Комитета экономического развития, промышленной политики и торговли. Санкт-Петербург, для которого судостроение – одна из ведущих сфер экономики, представил на стенде 16 ведущих предприятий, среди которых – крупнейшие судостроительные верфи, конструкторские бюро, поставщики оборудования и услуг. Свои возможности продемонстрировали ОАО «Объединенная судостроительная корпорация» ООО «Балтийский завод-судостроение», ОАО «Пролетарский завод», ОАО «Северное проектно-конструкторское бюро», ОАО «Средне-Невский судостроительный завод», ОАО «Судостроительный завод «Северная верфь», Санкт-Петербургский филиал ОАО «ВНИИР», ОАО «Компрессор», ОАО Концерн «НПО «Аврора», ОАО Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», ФАУ «Российский Морской Регистр судоходства», ЗАО «Внешнеторговая фирма «Судмаш», РНЦ «ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова», РНЦ «ЦНИИ КМ «Прометей», ЗАО «ЦНИИ судового машиностроения», ОАО «ЭлектроРадиоАвтоматика».

На экспозиции Санкт-Петербурга переговоры с потенциальными партнерами проводили и другие предприятия Санкт-Петербурга, в том числе ОАО «Армалит-1», ООО «Завод дизельной аппаратуры», ОАО НПФ «Меридиан», ОАО ЦКБ «Айсберг», ОАО ЦМКБ «Алмаз».

Экспозиция была оформлена представительством «Hamburg Messe und Congress GmbH» в РФ и ООО «Кон-



Стенд «Судостроительный кластер Санкт-Петербурга»



Стенд ОАО «Объединенная судостроительная корпорация»

станта ЭКСПО» при содействии Департамента судостроительной промышленности Министерства промышленности и торговли РФ, а деловая зона Санкт-Петербурга вновь сформирована при поддержке Комитета экономического развития, промышленной политики и торговли Администрации Санкт-Петербурга.

Прошедшая выставка отразила все сферы мирового судостроения, вызвала большой интерес у специалистов отрасли, участников и посетителей. Среди национальных павильонов выделялись Китай, Южная Корея, Норвегия, Нидерланды, Великобритания, США и, конечно, принимающая страна – Германия.

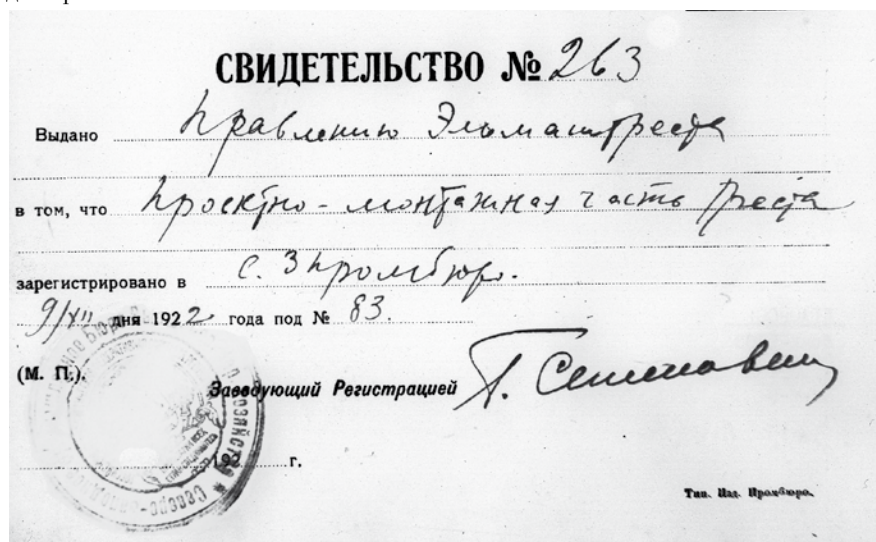
Многие предприятия уже подали заявки на участие в 26-й выставке SMM, которая пройдет на территории выставочного комплекса Hamburg Messe с 9 по 12 сентября 2014 г., а также в зарубежных «дочках» выставки – SMM Istanbul и SMM India. ■

Годом рождения предприятия считается 1922-й. Оно было создано на базе небольших монтажных групп компании Гейслера и зарегистрировано приказом ВСНХ в качестве Проектно-монтажной части (ПМЧ), вошедшей в состав Петроградского электромашиностроительного треста.

У истоков организации предприятия стоял начальник Морского отдела Владимир Иванович Полонский.

ВРЕМЯ ПОДТВЕРЖДАЕТ НАШУ НАДЕЖНОСТЬ К 90-ЛЕТИЮ ОАО «ЭЛЕКТРОРАДИОАВТОМАТИКА»

ОАО «ЭРА»,
контакт. тел. (812) 595 4261



Свидетельство о регистрации 1922 г.

В двадцатые–тридцатые годы XX в. предприятие выполняло работы по ремонту электромеханизмов на кораблях, получивших повреждения во время Первой мировой и Гражданской войн, участвовало в строительстве легких крейсеров, торпедных катеров, подводных лодок.

Воистину подвигом можно назвать всю деятельность предприятия (к тому времени – «Электромортрест», или ЭМТ) в годы Великой Отечественной войны, однако особо следует отметить выполненный им колоссальный объем работ по оборудованию кораблей Балтий-

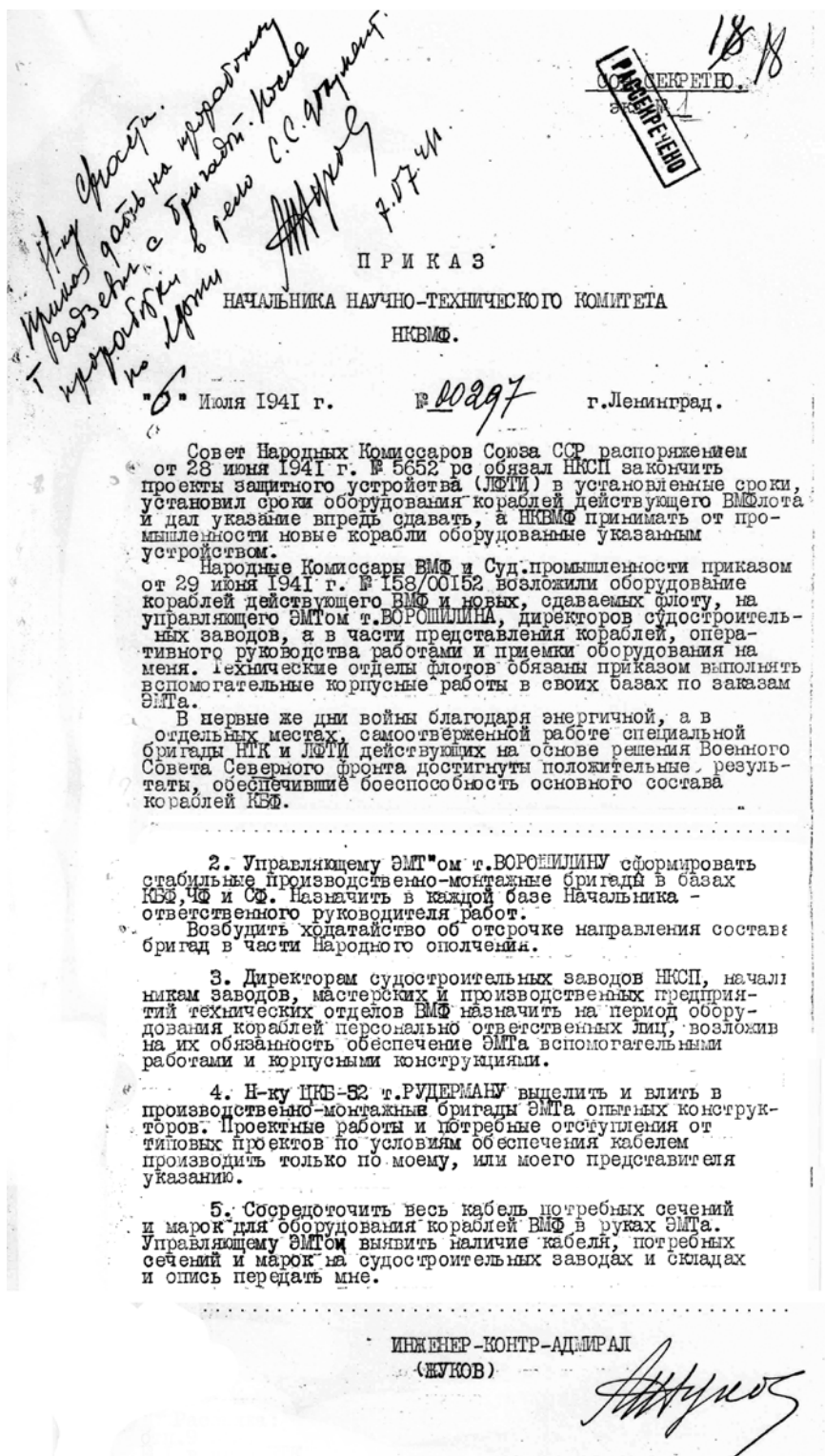
ского флота противоминными размагничивающими устройствами, разработанными Ленинградским физико-техническим институтом (ныне – ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН).

Весной 1941 г. вышли решения Главного военного совета ВМФ, определившие организацию работ по защите кораблей. ЭМТ предписывалось принять участие в составлении заказов электропромышленности на поставку необходимого оборудования для размагничивающих устройств, согласование конструкторской документации, выполнении монтажа устройств непосредственно на месте, решении организационных вопросов.

В июле 1941 г. решением заместителя Наркома ВМФ Л.М. Галлера основная задача по изготовлению элементов оборудования размагничивающих устройств и их монтажу на кораблях возлагалась на «Электромортрест», а в качестве контрагентов привлекались группа ЦКБ-52 НКСП, Ленинградские судостроительные заводы и судоремонтные мастерские Балтийского флота. В июле–августе 1941 г. ЦКБ-52 было эвакуировано в Горький, однако,



Работники ПМЧ, 1923 г.



Приказ 1941 г.

учитывая важность работ, часть его специалистов была оставлена в городе и вошла в качестве конструкторского бюро в ленинградский ЭМТ.

Основная работа бригад предприятия развернулась в Кронштадте и на судостроительных заводах Ленинграда, где оно, будучи генеральным исполнителем монтажных работ, координировало деятельность контрагентов.

Уже в сентябре 1941 г. бригады электромонтажников предприятия и

привлекаемые специалисты, работая на разных площадках (Таллин, Новая Ладога, Кронштадт), зачастую круглосуточно, под бомбежками и обстрелами, сумели защитить боевое ядро кораблей Балтийского флота от магнитных мин противника. Широкое внедрение этого элемента борьбы с магнитными минами, впервые примененного в практике отечественного кораблестроения, позволило сохранить сотни судов и тысячи человеческих жизней.

В документах военного времени, в соответствии с требованиями секретности, очень скупо упомянуты работы по размагничиванию, но именно за их выполнение в апреле 1942 г. 14 сотрудников предприятия были награждены боевым орденом Красной Звезды, которым работники тыла (хотя, что можно было назвать тылом в блокадном Ленинграде) награждались не часто, только за выдающиеся заслуги. А ведь еще кроме работ по размагничиванию в течение всей блокады Ленинграда, в условиях голода, холода, постоянных бомбежек и артобстрелов, электромонтажники участвовали в ремонте и строительстве бронекатеров, ремонте надводных кораблей (в том числе крейсера «Киров», лидеров эсминцев «Минск» и «Ленинград»), подводных лодок для Балтийского флота, плашкоутов и барж, на которых по Ладоге в осажденный город доставлялись продовольствие, вооружение, медикаменты.

Работой предприятия в Ленинграде все годы войны руководил Г.Г. Борин.

После окончания Великой Отечественной войны «Электромортрест», как и многие другие ленинградские предприятия, получил задание на восстановление разрушенного города, в первую очередь жилых домов. Именно нами были восстановлены и практически заново построены жилые дома по Невскому пр., 112 и 32/34, пр. Декабристов, 29, Дровяному пер., 12, Дмитровскому пр., 16, Столярному пер., 10. Помимо жилых домов, предприятием были построены здания ремесленного училища, общежития, электротехнического цеха, складские корпуса, дома в Володарске, Таллине, Риге.

В послевоенные годы коллектив предприятия принимал непосредственное участие в строительстве легких крейсеров «Железняков», «Орджоникидзе», «Александр Невский» и «Адмирал Лазарев», переданных флоту в 1950–1953 гг., в ремонте крейсера «Киров», а также в строительстве подводных лодок, глубоководных аппаратов и выполнении других заказов ВМФ.

В шестидесятых–семидесятых годах XX в. ленинградское предприятие «ЭРА» (переименовано в 1965 г.) участвовало в строительстве спасательных судов, портовых ледоколов пр. 97 для ВМФ, ракетных катеров, эскадренных миноносцев, БПЛ, тральщиков, кораблей радиотелеметрического комплекса «Селена». В эти же годы строились дизельные подводные лодки различных серий пр. 96 и 611 для ВМФ СССР и на экспорт. Главным достижением в семидесятые – девяностые годы стало создание атомных подводных лодок

(АПЛ) пр. 671 и его модификаций, а также АПЛ пр. 705, что потребовало освоения новых технологий в электро-монтажном производстве.

Подводные лодки пр. 641Э и пр. 877ЭКМ до последнего времени составлялись в ВМС ряда стран и признаются иностранными военными специалистами одними из лучших в мире.

Предметом заслуженной гордости коллектива являются работы, выполненные при строительстве атомных ледоколов «Арктика», «Сибирь», «50 лет Победы», тяжелых атомных крейсеров «Киров», «Адмирал Ушаков», «Фрунзе», «Адмирал Лазарев», «Калинин», «Петр Великий» (Балтийский завод), десантных кораблей на воздушной подушке «Зубр» (СФ «Алмаз»), подводной лодки нового поколения «Лада» (ФГУП «Адмиралтейские верфи»).

Всего при непосредственном участии нашего предприятия было построено более 300 подводных лодок и сотни кораблей и судов различных классов и назначения.

За отличную и добросовестную работу более 400 тружеников предприятия награждены медалями и орденами СССР и России.

Как и все отечественное судостроение, ОАО «ЭРА» столкнулось с трудностями перестроечного периода: спадом производства в отрасли, значительным сокращением госзаказа. Пришлось пережить и вызванное распадом СССР разрушение устоявшихся хозяйственных связей между предприятиями, обеспечивающими комплектацию строящихся кораблей, и утрату в результате «дикой» чиновничьей приватизации мощнейшей, годами создававшейся производственной-складской базы.

Однако, несмотря на это, предприятие ни разу не подводило своих потребителей, а зачастую и помогло им, выполняя электромонтаж в сроки, значительно сокращенные по сравнению с планово-договорными. В эти непростые времена основной задачей предприятия являлось сохранение любой ценой обученных, высокопрофессиональных кадров, способных решать сложные производственные задачи, выполнять с ювелирной точностью ответственные технологические операции в стесненных, сложных условиях строящегося заказа.

Сегодня Санкт-Петербургское ОАО «ЭлектроРадиоАвтоматика» – это современное крупное электромонтажное предприятие, являющееся основным партнером судостроительных заводов Северо-Западного региона России (ОАО «Адмиралтей-

ские верфи», ОАО «Балтийский завод», ОАО «Северная верфь», ОАО «СФ «Алмаз», ОАО «Средне-Невский судостроительный завод», Выборгский судостроительный завод).

Численность персонала – свыше 1000 человек. Средняя заработная плата производственных рабочих – 35 тыс. рублей.

Главный офис ОАО «ЭлектроРадиоАвтоматика» расположен в Санкт-Петербурге. Отсюда осуществляется координация работы всей сети представительств и филиалов предприятия.

С каждым годом увеличивается насыщение кораблей различными системами, электроникой, что приводит к росту объема электромонтажных работ и повышению их сложности. Однако акционерное общество «ЭРА» успешно справляется с ними благодаря гибкой производственной структуре, основу которой составляют филиалы с высокой степенью самостоятельности. Структура акционерного общества позволяет оперативно маневрировать материальными и трудовыми ресурсами, концентрируя их в нужном месте, в нужное время – на любом заводе или строящемся заказе.

Предприятие имеет ряд мощных специализированных производств: кабелезаготовительное, механическое, монтажно-сборочное, развитые складское и транспортное хозяйства.

В 2004 г. в целях расширения сферы услуг, предоставляемых судостроительным заводам, на предприятии было создано проектно-конструкторское бюро «Эра-Проект».



Разработка проектной и рабочей конструкторской документации по электрическим частям судов

Подразделение укомплектовано квалифицированными специалистами, оснащено современной техникой, что позволяет выполнять проектирование на высоком уровне.

Выполнение функций разработчика проектно-конструкторской документации и рабочей документации позволяет:

- существенно сокращать сроки выполнения электромонтажных работ за счет сокращения сроков выпуска РКД;
- уменьшать совокупную стоимость работ (проект + электромонтаж) за счет сокращения номенклатуры технической документации;
- совершенствовать технологию судового электромонтажа как элемента единого технологического процесса постройки заказов, внедряя в производство современные технологии на стадии проектирования.

Производственная база постоянно развивается: модернизируются имеющиеся производственные мощности, создаются новые участки, ведется реконструкция имеющихся объектов.

В 2006 г. был организован новый механический цех для изготовления и установки на строящихся судах изделий электрослесарного насыщения: узлов крепления кабельных трасс, арматуры для размещения электрооборудования, кабельных коробок и пр.



Образцы изделий электрослесарного насыщения



Слесарно-сварочные работы по установке элементов крепления кабельных трасс

В 2009 г. введены в эксплуатацию две очереди нового административно-производственного и складского комплекса в Красногвардейском районе Санкт-Петербурга.



Благодаря этому предприятие дополнительно получило более 10 тысяч квадратных метров закрытых площадей, оборудованных всеми системами инженерного обеспечения. На вновь введенных площадях разместились склады, производственные участки, транспортное хозяйство, комфортные административные и бытовые помещения.

К этому следует добавить и 3,5 тысячи квадратных метров оснащенной стеллажами и эстакадами открытой площадки для временного хранения кабельных барабанов – «кабельных полей», как их принято называть у электромонтажников.



Разгрузка поступившей продукции

В складских помещениях, оборудованных средствами механизации, осуществляются хранение судового электрооборудования, его комплектация для поставок на заказы.

На кабелезаготовительном участке выполняется предмонтажная подготовка судового кабеля.



Помещения складского комплекса. Хранение и комплектация судового электрооборудования и кабеля



Кабелезаготовительный участок

С полной загрузкой функционируют участки щитового производства, созданные в 2011 г. монтажно-сборочные участки судовых светильников и судовой малогабаритной аппаратуры (МГА).



Образцы судовой малогабаритной аппаратуры, выпускаемой предприятием



Монтажно-сборочный участок МГА

В настоящее время предприятие выполняет работы на корветах пр. 20380, пр. 20385, фрегатах пр. 20350, малых ракетных и артиллерийских кораблях, сторожевых кораблях пр.22460, 10412, минном тральщике пр. 12700, подводных лодках пр.06361, 06363 и др.

Стоит упомянуть о строительстве на верфях Балтийского завода плавающего энергоблока пр. 20870 – по условиям контракта ОАО «ЭлектроРадиоАвтоматика» на ПЭБ выполняет значительный комплекс работ: участвует в проектировании электроснабжения заказа, поставляет сотни единиц электрооборудования, около 800 км

кабеля, выполняет электромонтажные и регулировочно-сдаточные работы.

Большое внимание уделяется социальной сфере, в частности, развитию баз отдыха предприятия в пос. Серово и на оз. «Красногвардейское», где сотрудники имеют возможность круглогодично отдыхать.



Дома для отдыха персонала



Лодочная станция на базе отдыха «Красногвардейское озеро»

В филиалах и цехах предприятия созданы комфортные условия для трудящихся – оборудованы столовые, комнаты отдыха, тренажерные залы.

Неработающие ветераны предприятия ежегодно получают материальную помощь ко Дню Победы в Великой Отечественной войне, Дню снятия Блокады Ленинграда, ко дню ВМФ, Дню подводника, дням рождения.

Для успешного претворения долгосрочных планов своего развития предприятие должно решить ряд неотложных задач, к которым в первую очередь относятся:

- постоянное пополнение кадрового состава за счет молодых специалистов и рабочих, обеспечение уровня их подготовки, отвечающего требованиям рынка услуг, особенно в условиях усиления конкурентной борьбы;

- разработка и внедрение информационно-автоматизированных сис-

тем (информационных технологий) в качестве основы управления финансами, снабжением, а также производством.



Новая столовая для работников производственно-складского комплекса

ОАО «ЭлектроРадиоАвтоматика» проводит широкую благотворительную деятельность, оказывая постоянную финансовую помощь Санкт-Петербургскому Клубу моряков-подводников и ветеранов ВМФ, школам-интернатам, детским лечебным заведениям.

В целях решения кадрового вопроса «ЭРА» заключает с учебными заведениями города договоры на подготовку специалистов по электрооборудованию судов, а филиалы прикреплены к конкретным профильным техническими лицам и училищам.

Благодаря системе стажировок и производственных практик на различных участках и в службах филиалов молодежь успешно осваивает опыт специалистов-ветеранов. Среди молодых рабочих немало студентов-вечерников. Сохраняется система подготовки резерва бригадиров. Обеспечивается стимулирование повышения квалификации членов бригад на производстве.

На предприятии с широким привлечением специалистов филиалов разрабатывается новое и модернизируется эксплуатируемое программное обеспечение для технологической подготовки электромонтажа.

Мощная база, а также многолетний опыт работ в области судостроения, структура предприятия, обширные связи с поставщиками, высокопрофессиональный коллектив специалистов – все это позволяет выполнять полный цикл работ любого класса сложности на строящихся, ремонтируемых, модернизируемых судах.

Предприятие осваивает и применяет на практике рыночные методы управления, новые, соответствующие мировым стандартам, технологии.

В основе технической политики ОАО «ЭРА» лежит безупречное качество выпускаемой продукции, обеспечивающее доверие потребителей. Система менеджмента качества стала важнейшим инструментом повышения общего технологического уровня производства.

Признанием высокого качества работ, выполняемых предприятием, являются сертификат соответствия системы менеджмента качества требованиям международного стандарта ИСО 9001, свидетельства о признании Российским Морским и Речным Регистрами.

Высоко оценен вклад предприятия «ЭлектроРадиоАвтоматика» в строительство эсминцев для КНР, фрегатов для Индии, заказов для Кубы, Греции, Вьетнама, Алжира. Накоплен значительный опыт строительства гражданских судов под класс международных классификационных обществ DNV, BVQI, Германского и Британского Ллойда.

Характерным показателем успешного развития предприятия является то, что в 2009–2010 гг., на которые пришелся пик мирового экономического кризиса, ОАО «ЭлектроРадиоАвтоматика» сумело не только остаться на плаву, но и увеличить объем производства более чем в полтора раза.

Время показывает, что ОАО «ЭлектроРадиоАвтоматика» – надежный партнер как отечественных предприятий, так и зарубежных компаний. ■

Автономные подводные аппараты (ПА) приобретают все большее значение при проведении подводных научных исследований и выполнении военных миссий. Расширение их функциональных возможностей связано с решением ряда новых теоретических и технологических задач. К их числу относятся прежде всего задачи создания высокоэнергоемких источников энергии, задачи управления и навигации, сбора, накопления и передачи больших объемов разнообразной информации. Последние факторы обуславливают рост энергопотребления систем ПА. Во многих случаях не только решение, но и сама постановка подобных задач требует теоретических обоснований и экспериментальных исследований [1, 2].

В настоящее время ведутся интенсивные исследования и разработки для создания гибридных схем энергоустановок электромобилей на основе топливных элементов (электрохимических генераторов) и батарей электрохимических аккумуляторов. Преимуществом кислородно-водородных топливных элементов с твердотелными электролитными мембранами по отношению к другим автономным источникам тока является высокий показатель удельной энергии по массе и объему, недостатками – низкая удельная мощность по отношению ко многим типам аккумуляторных батарей (АБ) и низкие динамические характеристики. Применительно к подводным аппаратам гибридные установки, в которых реализуются преимущества топливных элементов и аккумуляторных батарей, способны обеспечить им в тех же массогабаритах большую энергетическую автономность по сравнению с раздельным использованием электрохимических генераторов (ЭХГ) или аккумуляторных батарей (АБ) при сохранении требуемых динамических качеств аппаратов. Это одинаково важно как для исследовательских ПА, так и аппаратов военного назначения. ЭХГ поддерживает базовый уровень длительной нагрузки. АБ обеспечивает запуск ЭХГ с холодного состояния и покрывает пиковые и пульсирующие нагрузки. Две действующие установки подобного типа реализованы в автономных необитаемых подводных аппаратах (АНПА) «Urashima» (Япония) [3, 4] и «Деер С» (Германия) [5, 6] (рис. 1). Большой объем работ по совершенствованию ЭХГ как возможного компонента гибридной установки выполнен при создании минопоисковой системы по программе LMRS в США [7, 8]. Фундаментальные и поисковые работы, а также экспериментальные исследования по созданию ЭХГ для ПА, в том числе работающих в условиях гибридной, ведутся на кафедре энергетики СПбГМТУ [9].

ГИБРИДНЫЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ

Ю.А.Боженов, канд. техн. наук, проф.,
Н.П.Шаманов, д-р техн. наук, проф., СПбГМТУ,
контакт. тел. (812) 714 0651



Рис. 1. АНПА «Urashima» (Япония) водоизмещением 10 т

Глубоководные аппараты «Urashima» и «Деер С» предназначены для проведения океанографических исследований и достигли на скорости 3 уз продолжительности подводного движения 56 и 60 часов соответственно.

Соотношение между мощностью АБ $P_{аб}$ и ЭХГ $P_{эхг}$, характеризующее коэффициентом гибридазации

$$K_g = P_{аб} / (P_{аб} + P_{эхг}),$$

зависит от характера нагрузки ЭУ, а соотношение между запасами энергии определяется профилем нагрузки при движении аппарата по маршруту. Этими же факторами определяется выбор схемных решений энергораспределения между АБ и ЭХГ и расчетных параметров батареи топливных элементов.

УСЛОВИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И НАГРУЗОЧНЫЕ ДИАГРАММЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ

В качестве энергопотребителей ПА выступают, с одной стороны, базовое оборудование АНПА: гребной электропривод, двигатель-двигательные комплексы (ДДК) подруливающих устройств, сервоприводы рулей, навигационная система, системы бортовой автоматики, системы связи, аварийные системы, характерные для всех аппаратов, а с другой – приборы полезной нагрузки, которые комплектуются в соответствии с целевым назначением выполняемой аппаратом миссии. Переменная структура энергопотребителей требует резервирования мощности ЭУ с ориентацией на ее максимальное значение. В качестве иллюстративного примера рассмотрен автономный ПА многофункционального назначения водоизмещением 5 т, со скоростями движения $V_1 = 3$ уз и $V_2 = 4$ уз и автономностью 120 часов. На рис. 2–4 представлены ориентировочные

гистограммы потребляемых мощностей типовых систем ПА.

Базовые системы приборные

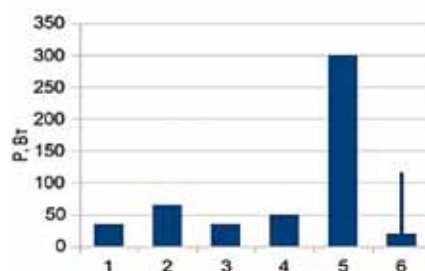


Рис. 2. Гистограмма потребляемых мощностей приборной системой 1 – инерциальная навигационная система; 2 – доплеровский лаг; 3 – процессор; 4 – гидролокатор препятствий; 5 – бортовая автоматика и система автоматического управления ЭХГ; 6 – аварийная система и системы связи

Силовые электроприводы

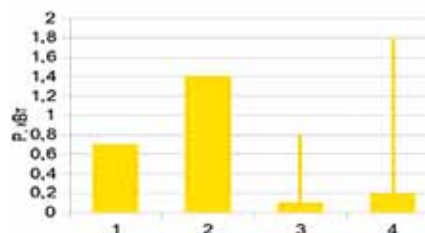


Рис. 3. Гистограмма потребляемых мощностей силовыми электроприводами

1 – гребной электродвигатель на скорости V_1 ; 2 – гребной электродвигатель на скорости V_2 ; 3 – сервоприводы на скорости V_1 ; 4 – сервоприводы на скорости V_2

Системы полезной нагрузки

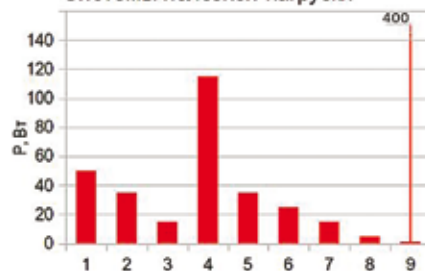


Рис. 4. Диаграммы потребляемых мощностей системами полезной нагрузки

1 – гидролокатор бокового обзора; 2 – многолучевой эхолот; 3 – донный профилограф; 4 – доплеровский профилограф течений; 5 – процессор; 6 – магнитометр; 7 – электропроводность, температура, плотность (комплекс); 8 – фото- и видеоаппаратура; 9 – светильники

Условия функционирования автономных ПА тесно связаны с выполняемыми ими задачами, рельефом морского дна и характером подводных течений (рис. 5).

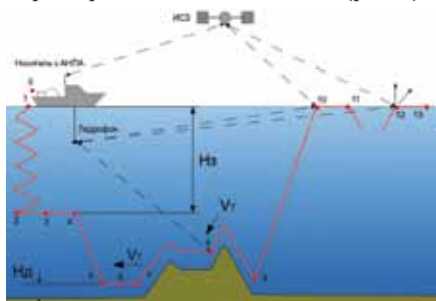


Рис. 5. Типовые участки траектории движения ПА

Типовые участки траектории движения и его временные периоды определяют энергозатраты и режимы работы ЭУ. К типовым участкам (или интервалам времени) можно отнести следующие:

- $T_{пр}$ – время подготовки АНПА к работе на борту носителя (0–1);
- $T_{пс}$ – время погружения на заданную глубину по спиральной траектории (1–2);
- $T_{д1}, T_{д2}$ – время прямолинейного движения на заданной глубине H_3 в толще воды на скоростях V_1 или V_2 (2–3, 3–4);
- $T_{нпв}$ – время наклонного погружения, всплытия (4–5, 9–10);
- $T_{дл1}$ – время движения вблизи дна на скорости V_1 (5–6) и отстоянии от дна H_d ;
- $T_{дл2}$ – время движения вблизи дна на скорости V_2 при наличии встречного течения V_t (6–7);
- $T_{м1}$ – время пространственного маневрирования вблизи дна на скорости V_1 (7–8);
- $T_{м2}$ – время пространственного маневрирования вблизи дна на скорости V_2 (8–9);
- $T_{св}$ – время спутникового сеанса связи на поверхности на ходу (без хода) (10–11);
- T_a – время аварийного нахождения на поверхности (12–13).

Величины изменения потребляемых мощностей на типовых интервалах (рис. 6) и периодичность этих изменений определяют целесообразное распределение мощности между ЭХГ и АБ, т.е. выбирают коэффициент гибридизации K_r и схему энергораспределения.

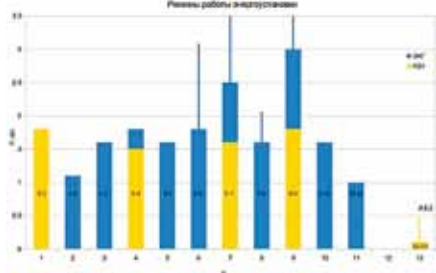


Рис. 6. Диаграмма распределения требуемой мощности ЭУ при движении ПА по типовым участкам траектории

Профиль изменения нагрузки при выполнении миссии зачастую носит вероятностный характер, но для целей анализа он может быть проварьирован с любым сочетанием интервалов и схемой энергораспределения. На рис. 7 представлен профиль нагрузки при движении ПА на скорости V_1 в течение 10 часов и на скорости V_2 – 5 часов с обеспечением энергией силовых электроприводов на втором режиме только от АБ. Без учета пиковых нагрузок коэффициент гибридизации принят равным $K_z = 0,5$. Для многорежимных ПА с большим диапазоном изменения скорости коэффициент гибридизации близок к единице.

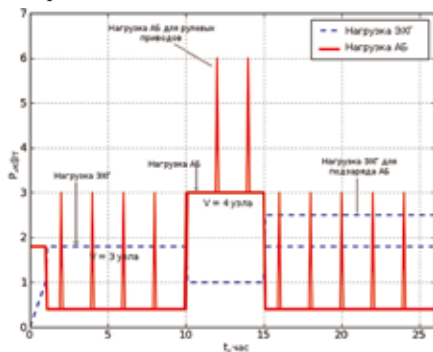


Рис. 7. Вариант профиля нагрузки ПА

АККУМУЛЯТОРНЫЕ БАТАРЕИ

Наилучшими показателями (энергетическими и эксплуатационными) для использования в составе энергостановок ПА обладают литий-ионные и литий-гельполимерные аккумуляторы призматической и ламинированной конструкции. Аккумуляторы в гибком корпусе из ламинированной фольги (рис. 8) можно применять при повышенных давлениях внешней среды, используя корпус как мембрану для выравнивания давления.



Рис. 8. Литий-ионные аккумуляторы фирмы «Kokam» (Юж. Корея) ламинированной конструкции с гелеполимерным электролитом

Призматическая и ламинированная конструкции аккумулятора удобнее и эффективнее по используемому объему, чем цилиндрическая, при компоновке аккумуляторов в корпусе батареи.

В настоящее время ввиду отсутствия отечественного серийного производителя литий-ионных батарей, используются преимущественно литий-ионные аккумуляторы зарубежных производителей (табл.).

Используемые системы контроля и управления АБ размещаются в герметичных прочных корпусах. Они должны обеспечивать выравнивание напряжений на аккумуляторах для поддержания высокой разрядной емкости, измерение тока и температуры, превышение входного напряжения при работе батареи в буферном режиме с ЭХГ, защиту батареи от перезаряда при превышении входного напряжения, тестирование и контроль АБ через систему Wi-Fi.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ ГЕНЕРАТОР

При использовании варианта ЭХГ для ПА определяющими факторами являются объемы емкостей (а, следовательно, и массы) для хранения реагентов, зависящие от выбранного способа хранения и глубины погружения аппарата, так как все системы ЭХГ и удаляемые продукты реакции должны размещаться в прочных корпусах (ПК).

В качестве топливных элементов (ТЭ) для транспортных средств в настоящее время рассматриваются как наиболее эффективные и практичные в эксплуатации низкотемпературные водородно-кислородные (H_2-O_2) с протонообменными мембранами. Конструктивные элементы сборки ТЭ для ПА должны обеспечивать их компактное размещение в прочных корпусах и минимизацию гидравлических и аэродинамических сопротивлений проходных каналов. Такими качествами обладают четырехсекционные блоки ТЭ, разработанные для ПА в СПбГМТУ со струйными аппаратами систем подвода, отвода и рециркуляции энергокомпонентов [10] (рис. 9, 10). В рассматриваемом примере

Таблица

Основные характеристики высокоэнергоемких литий-ионных аккумуляторов ведущих производителей

Параметр	USA		Корея	Германия	Франция	Япония		Китай	
	«Valence»	«Jardney»	«Kokam»	«GAIA»	«SAFT»	«SANYO»	«GS Yuasa»	«Thunder Sky»	«MGL»
Емкость, А·ч	40–120	10–50	25–240	8–60	7–45	2–2.8	55–183	40–10000	10–100
$W_{эл}$, Вт·ч/кг $W_{эл}$, Вт·ч/л	76–84 120–130	115–140 250–350	140–160 280–320	110–130 230–300	120–130 250–280	120–160 300–320	130–140 310–330	90–110 135–220	110–120 280–340
$I_{длит}$, С $I_{пик}$, С	2 3	0,5–2 1,5–6	1–2 3–5	1 5	3,5 6	1 2	1 3	2 5	1 3
$t_{разр}$, °С	–20 ÷ 50	–20 ÷ 60	–20 ÷ 50	–20 ÷ 50	–50 ÷ 60	–20 ÷ 50	–10 ÷ 65	–30 ÷ 60	–20 ÷ 50
Ресурс, число циклов 80% DOD	>2000	1500	>2000	1500	2000	2000	1000	300–2000	1000

ПА два блока батарей ТЭ мощностью по $P_{\text{бтэ}} = 1,6$ кВт и напряжением $U = 60$ В имеют возможность параллельно-последовательной электрической коммутации.



Рис. 9. Четырехсекционная батарея топливных элементов мощностью 2–1,6 кВт

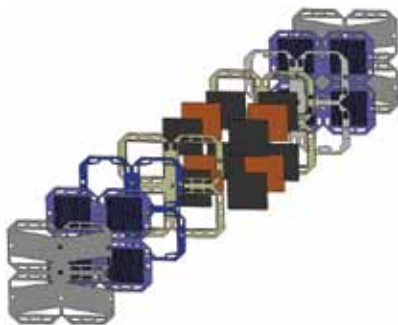


Рис. 10. Набор элементов топливной ячейки для четырехсекционной батареи топливных элементов

Различным способом хранения водорода и кислорода как наиболее энергоемкому и экологически чистому виду топлива посвящено огромное количество теоретических и экспериментальных исследований. Специфические условия функционирования ЭУ в ПА ограничивают число возможных вариантов используемых способов – газобаллонным, при высоком давлении (более 80 МПа) и криогенным, обеспечивающими достижение удельной массовой энергии $W_m = 450\text{--}500$ Вт·ч/кг для работы ЭХГ на открытом воздухе (рис. 11).

Примененный на АНПА «Urashima» по условиям безопасности интерметаллидный (АВ5) способ хранения водорода имеет массовое отношение системы хранения (сх) к 1 кг водорода $\rho_m = 66$ кг сх/кг

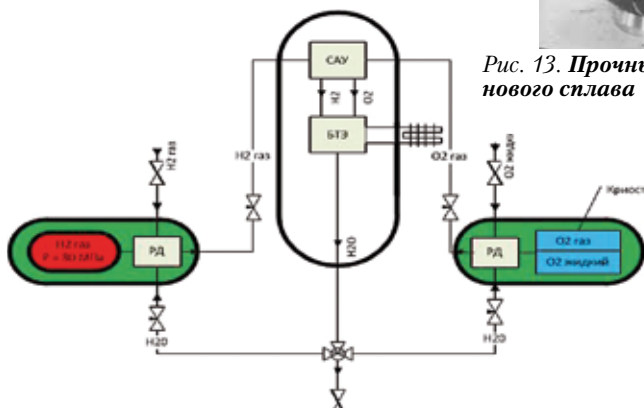


Рис. 11. Структурная схема размещения систем ЭХГ при криогенном хранении кислорода и газокompрессионном способе хранения водорода в прочных корпусах АНПА и возврате реакционной воды в прочные корпуса систем хранения

H_2 . В то же время разрабатываемые в США фирмой «QUANTUM» для автомобилей композитные баллоны TriShield™ при давлении 35 МПа и 70 МПа имеют в 2 – 3 раза лучшие показатели: $\rho_m = 31$ и 16,6 кг сх/кг H_2 . В АНПА «Deer C» водород хранится в двух композитных баллонах емкостью по 43 л при давлении 35 МПа. Криогенные системы хранения водорода для ПА не нашли еще реального воплощения, и их удельные показатели сопоставимы с газокompрессионными при давлениях более 80 МПа.

Хранение кислорода при давлении 80 МПа в 30-литровых композитных баллонах БГ-30-80 отечественного производства обеспечивает запас 20 кг реального газа с $\rho_m = 1,35$ кг сх/кг O_2 [11]. По данным [7], криогенная система для хранения 50 кг кислорода в резервуаре АНПА «LMRS», наружным диаметром 320 мм и длиной 940 мм (рис. 12) позволяет снизить массовую долю системы до $\rho_m = 0,27$ кг сх/кг O_2 . В АНПА «Urashima» кислород хранится под давлением 14,7 МПа.



Рис. 12. Резервуар для хранения 50 кг жидкого кислорода АНПА «LMRS» (США)

С учетом размещения систем ЭХГ в глубоководных корпусах из высокопрочных титановых сплавов (рис. 13), также разработанных в СПбГМТУ [12], реальные показатели ЭХГ на глубине 6000 м снижаются до $W_m = 200\text{--}190$ Вт·ч / кг.



Рис. 13. Прочный корпус из титанового сплава

СХЕМЫ ЭНЕРГОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Параллельная или независимая работа батареи ТЭ и литий-ионной АБ возможна по нескольким схемам. Конкретная схема реализации зависит от конструктивных и энергетических параметров всей ЭУ, а также от параметров и режимов работы нагрузки (рис. 14).

Батарея топливных элементов 1 вырабатывает необходимую мощность и через DC/DC преобразователь 3 отдает ее в нагрузку 5 через диод. Преобразователь DC/DC 3 управляется системой управления (СУ) 2, которая оптимизирует режим работы DC/DC преобразователя и отбор максимальной мощности. СУ 2 анализирует напряжение и ток отдачи БТЭ 1, задавая режим работы DC/DC преобразователя 3 по каналу управления. Преобразователь 3 выдает на выходе необходимое напряжение, если отбираемая мощность не превышает установленного предела. При превышении этого предела DC/DC преобразователь переходит в режим стабилизации тока, при плавающем напряжении, т.е. в режим отдачи постоянной мощности.

При проседании напряжения на выходе DC/DC преобразователя СУ 2 включает DC/DC преобразователь 7, подключенный к выходу АБ 4, восполняя недостающую мощность за счет запасенной энергии в АБ 4. В этот момент АБ 4 разряжается.

Если потребляемая мощность в нагрузке 5 меньше отдаваемой БТЭ, СУ 2 включает DC/DC преобразователь 6 заряда АБ 4. В этот момент АБ заряжается.

Общая схема параллельной работы БТЭ и АБ, изображенная на рис. 14 используется в тех случаях, когда необходимо согласовать напряжения БТЭ, АБ и нагрузки.

Замена DC/DC преобразователя 7 диодом (вариант 1) упрощает схему и позволяет при отборе мощности нагрузкой 5 больше, чем может выдать БТЭ (посредством DC/DC преобразователя 3), подключать АБ. Мощность в нагрузке будет определяться суммой мощностей отдаваемых БТЭ и АБ. При такой схеме включения можно снимать значительные пиковые мощности за счет АБ. Заряд АБ будет осуществляться так же, как и в предыду-

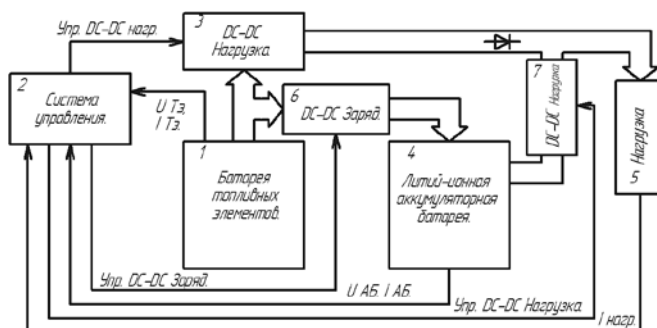


Рис. 14. Общая структурная схема параллельной работы литий-ионной АБ и батареи топливных элементов

шей схеме. Зарядная мощность соответствует разности мощности потребления и мощности выдаваемой БТЭ.

При исключении из схемы DC/DC преобразователей 3 и 7 и гальванической развязки БТЭ и АБ (вариант 2) БТЭ и АБ работают на общую нагрузку. Работа всей системы будет происходить примерно по такому же алгоритму, как и в варианте 1. При отборе мощности нагрузкой больше, чем может выдать БТЭ (в варианте 2 непосредственно в нагрузку), через разделительный диод подключается АБ. Мощность в нагрузке будет определяться суммой мощностей отдаваемых БТЭ (непосредственно в нагрузку) и АБ. Заряд АБ будет осуществляться так же, как и в предыдущей схеме. Если потребляемая мощность в нагрузке меньше отдаваемой БТЭ, то СУ включает DC/DC преобразователь 6 заряда АБ, и АБ заряжается.

Буферный режим работы аккумуляторной батареи, в отличие от выше рассмотренных схем, предусматривает работу АБ в режиме двухполюсника, исключает в схеме преобразователи 6 и 7, диод в цепи нагрузки АБ и сохранение DC/DC преобразователя 3 в цепи нагрузки БТЭ.

АБ в данном варианте не имеет ограничения по зарядному току. Поэтому она может заряжаться только либо полным током, который может выдать БТЭ, либо тогда, когда ее напряжение настолько высоко, что отбираемый зарядный ток и ток нагрузки несколько меньше максимального тока, выдаваемого БТЭ. Как и в предыдущих вариантах, DC/DC преобразователь 3 выдает на выходе необходимое напряжение, если отбираемая мощность не превышает установленного предела. При превышении этого предела DC/DC преобразователь 3 переходит в режим стабилизации тока при плавающем напряжении, т.е. в режим отдачи постоянной мощности. При этом напряжение на его выходе понижается до напряжения на АБ, и если нагрузка потребляет не весь ток DC/DC преобразователя 3, часть этого тока заряжает АБ. При превышении тока, потребляемого нагрузкой, дополнительная мощность берется от АБ.

Независимая работа ЭХГ и АБ целесообразна при переключении режимов движения ПА с большим диапазоном изменения скоростей.

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ БАТАРЕИ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ

Расчеты показывают, что для рассматриваемого варианта ПА при газокompresсорном способе хранения реагентов и работе ЭХГ на открытом воздухе массовая доля энергокомпонентов и систем их хранения в 5,5 раза и в 11 раз в воде (на глубине 6000 м), превышает долю БТЭ. Необходимый объем и масса реагентов напрямую определяются рабочей плотностью тока

БТЭ. Стремление минимизировать массу БТЭ путем увеличения плотности тока неоправданно, так как это приводит как к снижению КПД топливных элементов, так и эффективного КПД ЭХГ (рис. 15).

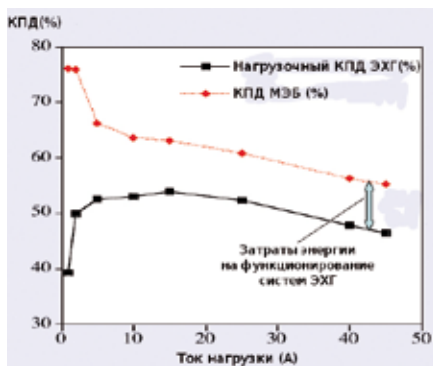


Рис. 15. Термоэлектростимуляционный КПД топливных элементов и эффективный КПД электрохимического генератора

В ЭХГ различной мощности максимальное значение эффективного КПД находится в диапазоне 0,15 – 0,25 расчетной мощности. Это позволяет выбирать величину расчетной мощности $P_{\text{эхг р}}$ заведомо большей (при определенных ограничениях), чем мощность, потребляемая системами ПА, с тем, чтобы номинальная мощность была близка к оптимальной. Соответствие реальной нагрузки области максимального значения эффективного КПД экономит расход энергокомпонентов, заметно снижая их массовую долю. Пологий характер изменения эффективного КПД позволяет обеспечить работу ЭХГ и при перегрузках. Такая установка имеет резерв мощности и, следовательно, будет надежнее. Резервирование расчетной мощности необходимо еще и по условию вероятностного характера нагрузки за время выполнения миссии ПА.

Для эффективного распределения мощности между ЭХГ и АБ или выбора коэффициента гибридизации ЭУ, а также способа управления распределением нагрузки (буферный режим, параллельно-последовательная коммутация блоков АБ, согласование вольт-амперных характеристик и др.) требуется достаточно точное знание изменения нагрузки по маршруту движения ПА. Когда мощность (ток), требуемая для нагрузки, находится в области максимального значения эффективного КПД ЭХГ (рис. 16), нагрузку обеспечивает ЭХГ.

При пониженных значениях тока во избежание резкого падения КПД (невозможности выключения ЭХГ в процессе движения ПА) выполняется подзаряд АБ током, значение которого в сумме с током ЭХГ соответствует области оптимальных нагрузок ЭХГ. Максимальная величина тока заряда АБ $I_{\text{з макс}} = [P_{\text{эхг макс}} - P_{\text{эхг}}(t)] / U_{\text{эхг}}$. При повышенных значениях требуемой мощности ЭУ ($P_{\text{эхг}} > P_{\text{эхг макс}}$) часть мощности отбирается от АБ.

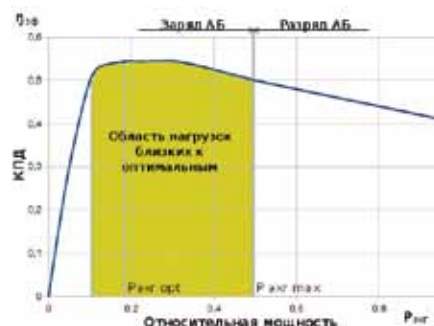


Рис. 16. Области выбора мощности электрохимического генератора и аккумуляторной батареи

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Гибридные ЭУ в составе ЭХГ и АБ позволяют для длительно функционирующих автономных подводных аппаратов повысить их энергетическую эффективность. Это особенно актуально для многорежимных ПА военного назначения.

ЛИТЕРАТУРА

1. The Navy Unmanned Undersea Vehicle (UUV) Master Plan, 2004, November 9.
2. Алиев Ш.Г., Боженов Ю.А., Борисенко К.П., Пизитдинова М.Р., Кузьмицкий М.А. Торпедное оружие. – М.: Наука. – 2005. – Т.4–6. – 415 с.
3. Shojiro Ishibashi, et al. An Ocean Going Autonomous Underwater Vehicle «Urashima» equipped with a Fuel Cell, IEEE, 0-7803 – 8541, 2004, p.209–214
4. Toshio Maeda et al. Development of Fuel Cell AUV «Urashima» // Mitsubishi Heavy industries, Ltd. Technical Rev. – 2004. – Vol.41. – №6 (December).
5. Willi Hornfeld. «Deep C» the German AUV Development Project. – <http://www.deepc-auv.de/deepc/bibliothek/pdf>
6. Hornfeld Willi. «Deep C», the AUV for Ultra-Deep Water. STN ATLAS Elektronik GmbH.// www.deepc-auv.de
7. Bradley N, et al. Multifunctional Cryogenic Power System for Unmanned Underwater Vehicles // Sierra Lobo Inc.// Technical Rev. – 2004. – www.sierralobo.com
8. Haberbusch, Mark S, et al. Rechargeable Cryogenic Reactant Storage and Delivery System for Fuel Cell Powered Underwater Vehicles. – Autonomous Underwater Vehicle Workshop, San Antonio, Texas, June 2002.
9. Шаманов Н.П., Калмыков А.Н. Электрохимические транспортные энергоустановки с водородным топливом: Монография. – СПб., Изд. СПбГМТУ. – 2006. – 306 с.
10. Шаманов Д.Н., Алексеенко И.М. Конструктивная проработка электроэнергетической установки на твердотопливных топливных элементах для подводного аппарата с глубиной погружения 6000 м и автономностью 15 суток. – Мат-лы Всерос. межотрасл. науч.-техн. конф. «Актуальные проблемы морской энергетики», СПб., 16 февраля 2012, с. 47–50.
11. Боженов Ю.А., Гадалин А.С., Клонин О.С. Баллоны высокого давления из композитных материалов для хранения газообразных компонентов ЭХГ глубоководных аппаратов. – Мат-лы Всерос. межотрасл. науч.-техн. конф. «Актуальные проблемы морской энергетики», СПб., 16 февраля 2012.
12. Боженов Ю.А., Гадалин А.С., Котов А.С., Фрумен А.И. Оценка возможности применения прочных корпусов из Ti сплавов для размещения элементов ЭХГ на подводных аппаратах. – Мат-лы Всерос. межотрасл. науч.-техн. конф. «Актуальные проблемы морской энергетики», СПб., 16 февраля 2012.

В последнее время в отечественном судостроении все чаще поднимается вопрос о применении высоковольтного оборудования в морских условиях. Это связано в первую очередь с тем, что на практике перенимается опыт зарубежных коллег, для которых применение винторулевых колонок с гребными электродвигателями (ГЭД) или установок типа «Azipod» с передачей на винт значительных мощностей является уже решенной задачей. Помимо этого, отечественные проектировщики судов и кораблей готовы воспользоваться таким значительным преимуществом судов с электродвижением и едиными электроэнергетическими системами (ЕЭЭС), как удобство размещения элементов единой электростанции на судне, что способствует экономии места под полезный груз.

Тем не менее в проектировании отечественных судов с электродвижением заметен некоторый консерватизм, связанный с возложением надежд на гребные электродвигатели низкого напряжения ввиду «опасности» применения в море высокого напряжения. При подобной точке зрения не предусматривается передача на винт большой мощности, так как существующее в мире низковольтное оборудование не рассчитано на передачу мощности свыше 4,5 МВт. Тем самым применение систем электродвижения (СЭД), работающих на низком напряжении, может удовлетворить запросы только портовых служб (мощные портовые буксиры и спасатели), но для морских спасателей, буксиров, судов обеспечения буровых платформ, а также для военного кораблестроения подобное ограничение мощности на винте неприемлемо. Единственным выходом из сложившейся ситуации с учетом преимуществ ЕЭЭС с СЭД является применение высокого напряжения, что с успехом демонстрируют зарубежные судостроители.

При использовании выпускаемого промышленностью типоряда высоковольтных выключателей на соответствующие номинальные токи, а также высокого напряжения в ЭЭС возможна передача на винт значительной мощности, которая недостижима в низковольтных системах (табл.). Подобный диапазон мощностей в значительной степени перекрывает все запросы проектировщиков судов с СЭД и других объектов с энергоемким технологическим оборудованием.

Яркий пример ЕЭЭС с СЭД зарубежного исполнения, который подтверждает данные таблицы, – это ЭЭС с гребными электродвигателями (ГЭД) океанских пассажирских лай-

ВОПРОСЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ 6 (10) КВ НА МОРСКИХ ОБЪЕКТАХ

А.А. Неёлов, начальник сектора,
В.Ф. Кособоков, главный конструктор – технический директор,
М.П. Тихомиров, главный специалист, «Новая ЭРА»,
контакт. тел. (812) 303 8976

Таблица

Значение максимальной мощности, передаваемой на винт

Номинальный ток ячейки, А	Максимальная передаваемая на винт мощность, МВт, при номинальном напряжении	
	6 кВ	10 кВ
3150	26,2	43,6
2500	20,1	34,6
2000	16,6	27,7
1600	13,3	22,1
1250	10,4	17,3
1000	8,3	13,8
630	5,2	8,7

неров типа «Costa Victoria», состоящая из шести генераторов по 10 МВт каждый, двухсекционного главного распределителя (ГРЩ) с системой управления мощностью и комплексом электрических защит и автоматики, а также двух двухобмоточных ГЭД мощностью по 15 МВт каждый. Несомненное преимущество подобной структуры ЕЭЭС – резервирование каналов передачи электроэнергии на винт, когда благодаря «перекрестному» электропитанию даже при полном выходе из строя оборудования одного борта существует возможность передачи не менее 50 % мощности на каждый из винтов. По сравнению с редукторными установками подобное «электрическое» решение дает колоссальный выигрыш в массе и габаритах пропульсивной установки, а также существенное уменьшение цены.

Опасность применения подобных решений заключается не в собственно высоком напряжении, а в традиционном «низковольтном» подходе к проектированию подобных установок, так как работа установок высокого напряжения имеет ряд особенностей:

- недопустимость работы с замкнутой на корпус фазой (это допускается в низковольтных системах с изолированной нейтралью);
- необходимость постоянного контроля за токами утечки на корпус через емкостное сопротивление изоляции;
- необходимость обеспечения селективности отключений по трехфазным и однофазным токам замыканий с минимизированными задержками по времени;

– необходимость наличия резервирующих способов отключения аварий при выходе из строя коммутационных аппаратов;

– необходимость максимально быстрого отключения аварийных ситуаций (коротких замыканий между фазами или на корпус);

– необходимость применения диагностического мониторинга состояния изоляции электрических машин и кабелей, ориентированного на особенности физических процессов, происходящих в высоковольтных установках (аналог контроля сопротивления изоляции низковольтных систем).

Данные особенности обусловлены намного более серьезными последствиями аварий (замыканий) в установках высокого напряжения по сравнению с низковольтными системами, так как выделяемая при замыканиях энергия на несколько порядков выше. Также они обусловлены более резкими и лавинообразными проявлениями возникающих дефектов в электрооборудовании, подвергнутому воздействию высоковольтного электрического поля.

Таким образом, при использовании конструктивных мер воспрепятствования распространению аварий (замыканий и утечек) и обеспечении аппаратным составом должных мер по электрическим защитами и диагностике оборудования безопасность эксплуатации высоковольтного оборудования может быть обеспечена. Важно отметить, что для оборудования морских объектов принципиальные решения по обеспечению безопасной эксплуатации высоковольтных систем

в целом аналогичны решениям для береговых объектов, однако следует учитывать особенности применения морских систем по сравнению с наземными объектами, такие, как:

- повышенные требования к конструкции оборудования, материалам изоляции и электрическим защитам, обусловленные постоянным воздействием на оборудование и кабель ударов, вибрации, качки, морского климата;
- сокращение массогабаритных показателей оборудования в последствие необходимости размещения в ограниченных отсеках;
- применение экологичных материалов, не приводящих к отравлениям экипажа при эксплуатации и аварийных ситуациях;
- использование удобного для обслуживания и эксплуатации оборудования, подлежащего ремонту или замене в ограниченное время;
- обеспечение электромагнитной совместимости оборудования в условиях насыщенного аппаратурой пространства;
- использование структурно резервированных систем распределения электроэнергии (левого и правого бортов, носовых и кормовых и т.п.) с возможностью автоматического переключения электропитания и ввода резерва и с возможностью сохранения хода судна при авариях в ЕЭЭС;
- применение диагностических систем, указывающих на дефекты до возникновения непосредственно аварий.

В ЕЭЭС судов с СЭД и других морских объектов применяется ограниченный круг оборудования, подвергающегося воздействию высоковольтного электрического поля:

- электрические машины (генераторы и электродвигатели);
- сухие силовые трансформаторы;
- распределительные щиты с коммутационным оборудованием;
- кабельные линии;
- защитное оборудование – измерительные трансформаторы тока и напряжения, релейная аппаратура защит и автоматики (РЗиА) и ограничители перенапряжений.

Центральным узлом, к которому подключается это оборудование, является главный распределительный щит (ГРЩ), который, тем самым, является ключевым элементом в ЕЭЭС для обеспечения безопасной эксплуатации всего подобного оборудования. Некоторые особенности применения высоковольтных систем регламентирует Российский Морской Регистр судоходства, однако при проектировании судов, кораблей и других мор-

ских объектов проектант должен учитывать все вышеизложенные нюансы. Разумеется, ГРЩ также должен быть рассчитан на применение высоковольтного оборудования в морских условиях, с учетом всех вышеперечисленных особенностей.

Несомненно, разработкой подобных ГРЩ и проработкой аналогичных вопросов должны заниматься специализированные компании и конструкторские бюро, имеющие опыт поставок подобного оборудования как для морских, так и для наземных объектов. При разработке конструкции и аппаратного состава ГРЩ следует учитывать опыт эксплуатации оборудования в реальных условиях. Зарубежные фирмы-производители накопили большой опыт в подобных вопросах, чего нельзя сказать об отечественной практике, несмотря на широкое применение высоковольтных систем на берегу. Отечественные ГРЩ напряжением 6 кВ и 11 кВ морского исполнения работают в настоящее время только на МЛСП «Приразломная». ГРЩ этой платформы разработаны и изготовлены на ОАО «Новая ЭРА».

Безопасность эксплуатации высоковольтного оборудования обеспечивается применением в этих щитах импортных микропроцессорных устройств релейной защиты и автоматики (РЗиА). Также в этих щитах предусмотрено применение основных и резервных электрических защит, обеспечивающих быстрое и надежное отключение поврежденного участка, для чего применяются:

- 1) быстродействующая избирательная дифференциальная защита (генератора, трансформатора, двигателя);
- 2) селективные максимально-токовые защиты фидеров;
- 3) защита от утечек и однофазных замыканий в сети по току в резистивно заземленной нейтрали источника;
- 4) устройства резервных отключений вводов при отказах выключателей отходящих линий;
- 5) дуговая защита шин и отсеков выключателей и кабельных присоединений.

Схोजими электрическими защитами оснащен ГРЩ (поставки ОАО «Новая ЭРА») плавучего атомного энергоблока «Михаил Ломоносов».

Нетрудно заметить, что подобный набор электрических защит не в полной мере соответствует вышеперечисленным требованиям. На момент поставки оборудования проектанты данных объектов полагали достаточным подобный набор, и он, в принципе, действительно достаточен для обеспечения безаварийной

эксплуатации ЭЭС. Однако по мере накопления опыта эксплуатации все актуальнее становится диагностика оборудования и прогнозирование возможных аварийных ситуаций. Кроме того, с появлением улучшенных, более функциональных образцов РЗиА и в связи с разработкой принципиально новых решений в области мониторинга состояния высоковольтного оборудования появилась возможность серьезным образом дополнить и улучшить работу аппаратуры ГРЩ, поднимающую безопасность эксплуатации ЭЭС морского объекта на новый уровень. Кроме того, новые образцы диагностической аппаратуры, встраиваемой в ГРЩ, позволяют перейти к ремонтам по фактическому состоянию электрооборудования и кабельных сетей на основе объективной оценки остаточного ресурса еще до выхода оборудования из работоспособного состояния.

ОАО «Новая ЭРА» учла подобные технические новинки в конструкции интеллектуального высоковольтного ГРЩ морских объектов нового поколения. Данное ГРЩ, в котором использованы опробованные методики построения электрических защит, содержит:

- полностью автономную оптическую дуговую защиту шин с пуском по току;
- «направленные» токовые защиты присоединений с улучшенной чувствительностью и селективностью;
- автономные системы дифференциальной защиты шин и присоединений;
- систему цифрового обмена сигналами между РЗиА;
- систему цифровой и аналоговой связи с локальными системами управления подключенных агрегатов и с комплексной системой управления техническими средствами объекта;
- систему автоматической синхронизации и распределения мощности между работающими в параллель генераторами;
- систему межшкафных блокировок и автоматических переключений питания электропотребителей с дублирующей структурой электропитания;
- систему автоматического поддержания работы электростанции в заданном режиме мощности и автоматического управления процессами смены режимов работы ЭЭС.

Кроме того, ОАО «Новая ЭРА» разрабатывает систему мониторинга параметров «интеллектуального» высоковольтного ГРЩ, позволяющих при работе под нагрузкой определять остаточное время работоспособности при выявленных начальных дефектах

и оценивать возможность продолжения эксплуатации. В число диагностических параметров входят следующие:

- интенсивность и величина частичных разрядов (ЧР) в изоляции электрических машин, трансформаторов и кабелей;
- температура перегрева контактных соединений и токопроводящих цепей;

тельных устройств, средств защиты и автоматики.

Результаты измерений и оценки состояния сети напряжением 6(10) кВ, накапливаемые в системе мониторинга и диагностики, устанавливаемой в ГРЩ, можно будет дополнять данными из системы комплексной оценки состояния входящего в ЭЭС электрооборудования по параметрическим и

испытаний опытного образца ГРЩ нового поколения планируется завершить в 2013 г., но уже сейчас понятно, что все поставленные задачи по конструкции, составу оборудования и его функционированию будут успешно решены.

Следует особо отметить, что ОАО «Новая ЭРА» поставила перед собой подобные задачи не случайно, а на основе анализа опыта эксплуатации низковольтного и высоковольтного оборудования морского исполнения собственной разработки и изготовления. В настоящее время ОАО «Новая ЭРА» имеет ряд сертифицированных Российским Морским Регистром судоходства низковольтных и высоковольтных щитов и отдельных «ячеек», предназначенных для построения щитов любой конфигурации по модульному принципу. Типовые схемы этих ячеек охватывают все основные функциональные типы присоединений, учитывают все упомянутые в статье способы электрических защит, мониторинга и диагностики и могут быть доработаны специалистами фирмы под любые конкретные условия. Конструктив ячеек позволяет формировать ГРЩ высокого напряжения как для судов, так и для стационарных или плавучих буровых платформ.

Таким образом, разработанная ОАО «Новая ЭРА» концепция безопасного автоматизированного «интеллектуального» ГРЩ напряжением 6(10) кВ нового поколения позволит решить все отмеченные в данной статье задачи, а подобные ГРЩ станут ключевыми элементами обеспечения безопасности эксплуатации ЕЭЭС напряжением 6(10) кВ судов и других морских объектов. ■



Модульный ГРЩ напряжением 6(10) кВ, состоящий из ячеек разработки ОАО «Новая ЭРА» для судов и других морских объектов

- токи утечки «на землю» через активное и емкостное распределенное сопротивление сети и электрооборудования;
- число срабатываний коммутационных устройств, имеющих ограничения по износостойкости, в том числе с дифференциацией по условиям срабатывания;
- состояние исправности цепей управления выключателями, измери-

виброакустическим параметрам работоспособности механизмов. Данная система будет пригодна для интеграции в любой распределительный щит высокого напряжения производства ОАО «Новая ЭРА».

Подобные передовые идеи в настоящее время проходят обкатку за рубежом, и ОАО «Новая ЭРА» старается идти в ногу со временем – окончание

- Информационно-поисковая - система -

Корабел.ру

Судостроение. Судоходство. Судоремонт.

ЧЕСТНО О СУДОСТРОЕНИИ

Отказ главного двигателя в рейсе, как правило, приводит к значительным издержкам, которые включают, кроме непосредственных затрат на ремонт, оплату услуг за буксировку судна до ближайшей судоремонтной базы или порта, вызов специалистов завода-изготовителя двигателя, оплату неустоек за задержку груза и т.п. В результате суммарные издержки во много раз превышают затраты при плановом ремонте судна. Более того, потеря хода в штормовых условиях для небольших судов с малой остойчивостью может иметь фатальные последствия. Поэтому обеспечение заданного уровня безотказности главного двигателя в рейсе является актуальной задачей.

Эта задача может решаться, например, путем подбора оптимальной мощности главного двигателя при проектировании судна.

Известно, что, если двигатель работает не на полную мощность, то отказы возникают реже, чем у двигателя, эксплуатируемого на номинальной мощности или, тем более, с перегрузками. То есть снизить повреждаемость главного двигателя можно, введя дополнительный коэффициент запаса мощности при проектировании. Поскольку повышение надежности изделий связано с их удорожанием, при определении оптимального коэффициента запаса мощности необходимо исходить из минимизации стоимости жизненного цикла двигателя, включающей издержки на ликвидацию последствий аварий из-за его отказа в рейсе.

Недоиспользование заложенной в дизеле мощности при номинальной частоте его вращения связано со снижением давления сгорания и, следовательно, приводит к уменьшению давления на компрессионные кольца, опорные подшипники коленчатого вала и снижению в целом напряженного состояния силовых элементов двигателя. В отдельных случаях по требованию заказчика изготовитель намеренно снижает мощность базовой конструкции, чем обеспечивает более высокий уровень надежности. Например, на ледоколе «Капитан Драницын» с этой целью установлены дефорсированные двигатели Z40/48 фирмы «Зульцер».

Основная причина, которая увеличивает частоту отказов элементов двигателя, заключается в наличии динамических перегрузок, имеющих место при резком наборе нагрузки, швартовке, изменении направления движения судна на противоположное и при работе судна в ледовых условиях.

Анализ аварийности морских судов [1], находящийся под наблюдением Российского Морского Регистра судоходства за 1998–2007 гг., показал, что наибольшая частота отказов элементов главного двигателя приходится на опорные (рамовые и шатунные) подшипники коленчатого вала. Причем для двигателей, работающих на гребной винт фиксированного шага (ВФШ), она составила 30% от числа всех видов отказов и 46% при работе на винт регулируемого шага (ВРШ).

Известны две основные причины выхода из строя опорных подшипников коленчатого вала – это нарушение теплового баланса и накопление усталостных повреждений в антифрикционном слое вкладыша.

В первом случае отказ происходит в результате интенсивного износа вкладышей. Процесс изменений условий смазывания, предшествующих повреждению подшипника, можно проиллюстрировать следующей схемой.

При перегрузках происходит уменьшение толщины масляного слоя между шейкой вала и вкладышем. При достижении толщины масляного слоя h значения, равного сумме высоты неровностей вала R_{z1} и вкладыша R_{z2} , режим жидкостного трения сменяется полужидкостным скольжением. В соответствии

ВЛИЯНИЕ ЗАПАСА МОЩНОСТИ СУДОВОГО ГЛАВНОГО ДВИГАТЕЛЯ НА ЧАСТОТУ ОТКАЗОВ ОПОРНЫХ ПОДШИПНИКОВ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА

М.Д. Емельянов, канд. техн. наук,
зам. генерального директора ЗАО «ЦНИИМФ»,
контакт. тел. +7 921 939 1353,
emelyanov.michael@gmail.com

с диаграммой Герси–Штрибека (рис. 1) это сопровождается возрастанием коэффициента трения $f_{тр}$, появлением износа и повышенным тепловыделением.

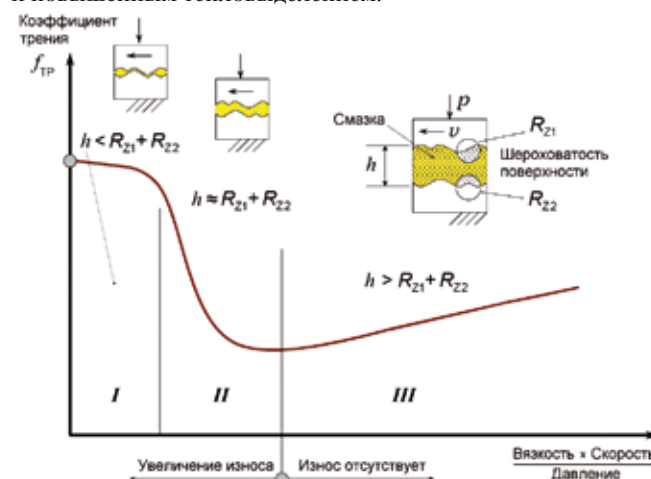


Рис. 1. Диаграмма Герси–Штрибека
 h – толщина масляного слоя; R_{z1} , R_{z2} – высота неровностей контактируемых поверхностей; I – граничное трение; II – полужидкостное трение; III – жидкостное трение

В случае постоянной радиальной нагрузки на подшипник зависимость минимальной толщины масляного слоя h_{min} от зазора Δ между вкладышем и валом в области жидкостного трения может быть проиллюстрирована рис. 2, а.

При работе подшипника в области жидкостного трения между валом и вкладышем находится прослойка смазки, которая не дает им соприкоснуться друг с другом, в результате чего износ практически отсутствует. Однако в реальных условиях опорные подшипники коленчатого вала испытывают пульсирующую нагрузку, которая на некоторых режимах может приводить к возникновению полужидкостного трения и износу. Поэтому процесс изнашивания подшипников за достаточно продолжительные промежутки времени, включающие все возможные режимы работы двигателя, можно представить известной в триботехнике моделью износа Лоренса.

Согласно этой модели, изменение зазора во времени можно условно разделить на три участка (рис. 2, б): период приработки I, заканчивающийся временем T_1 , период линейного износа во времени II и период прогрессирующего износа III, начинающийся с момента времени T_2 . Последний период вызван тем, что из-за больших зазоров свыше $\Delta_{кр}$ в подшипнике полужидкостное трение (рис. 2, а) начинает возникать уже при расчетном (номинальном) режиме работы двигателя. Вследствие локального возрастания температуры в месте контакта вала с вкладышем снижается вязкость смазочного материала, что еще больше уменьшает толщину масляного слоя, увеличивает удельное давление на вкладыш из-за уменьшения площади контакта и смещает режим работы подшипника в область граничного трения. При значительных износах этот

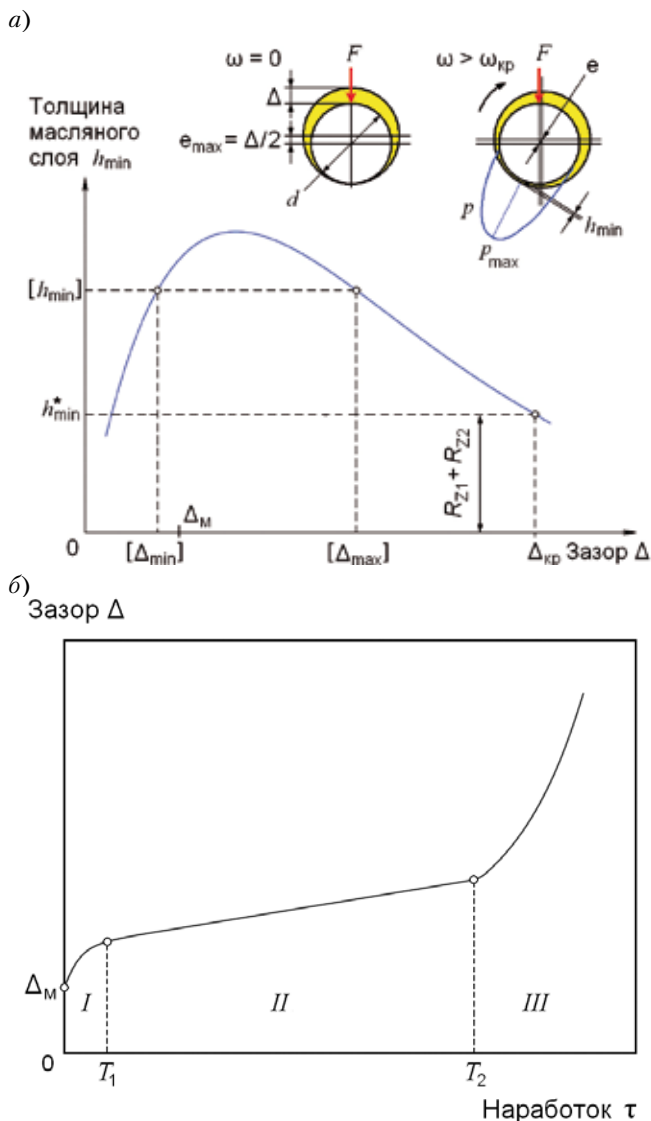


Рис. 2. Зависимость толщины масляного слоя $h_{\min}$ от величины радиального зазора Δ (а) и увеличения зазора в подшипнике во времени (б)

Δ_M – монтажный зазор; $[\Delta_{\min}]$ – $[\Delta_{\max}]$ – область допустимых значений зазора; Δ_{KP} , $h_{\min}$ – критический зазор и толщина масляного слоя, соответствующие переходу от жидкостного к полужидкостному трению; I – период приработки; II – период линейного износа; III – период прогрессирующего износа

процесс усугубляется тем, что усиливается истечение масла через торцевые зазоры в подшипнике, приводящее к снижению давления масла. При этом повышенный расход масла через торцы подшипника слабо влияет на локальную температуру в месте контакта.

В результате процесс изнашивания заканчивается сухим трением, что проявляется в «дымлении» подшипника и «схватывании» вала с вкладышем [1].

Этот вид отказа наиболее массовый. Он часто возникает до момента выработки вкладышами ресурса, рекомендованного заводом-изготовителем, и происходит из-за нарушений условий смазки подшипника, Правил эксплуатации дизелей или неправильного монтажа подшипников.

Второй вид отказа – усталостное растрескивание антифрикционного слоя вкладышей подшипников – встречается значительно реже (в одном случае из десяти) [1]. Обычно он наблюдается в тех случаях, когда вкладыши эксплуатируются с наработком, существенно превышающим ресурс, рекомендованный заводом-изготовителем. Рассмотрим влияние запаса мощности двигателя на уровень повреждаемости опорных подшипников коленчатого вала.

Для двигателей, работающих на ВФШ, наибольшие перегрузки возникают при реверсе, когда судно продолжает еще двигаться в прежнем направлении и винт при отключенной подаче топлива вращается в режиме гидротурбины. Эти перегрузки эквивалентны «утяжелению» гребного винта, описываемые следующими теоретическими винтовыми характеристиками по мощности N и крутящему моменту M :

$$N_i = C_{N,i} \cdot n^3; \quad M_i = C_{M,i} \cdot n^2,$$

где $C_{N,i}$, $C_{M,i}$ – коэффициенты в винтовых характеристиках по мощности и по крутящему моменту для i -го маневренного режима, соответственно; n – частота вращения вала.

При работе двигателя на ВРШ эффект динамического «утяжеления» гребного винта может усиливаться за счет увеличения шага винта, что следует из наличия множителя в выражениях винтовых характеристик [2]:

$$\times \left[\frac{N_{xx}}{N_{ном}} + \left(1 - \frac{N_{xx}}{N_{ном}} \right) \cdot \frac{(H/D)_i^2}{(H/D)_{ном}^2} \right],$$

где $N_{xx}/N_{ном}$ – отношение мощности, потребляемой винтом при нулевом шаге (холостом ходе), к номинальной мощности; $(H/D)_i$, $(H/D)_{ном}$ – отношение шага винта H к его диаметру D на маневренном и номинальном режимах, соответственно.

Для определения долговечности элементов двигателя необходимо от энергетического параметра (мощности двигателя) перейти к силовой характеристике (крутящему моменту, давлению, напряжениям). Эта вызвано тем, что условие появления повреждения (разрушения) элементов описывается соотношением между нагрузкой и его работоспособностью (например, временным сопротивлением, пределом текучести, критическими напряжениями, пределом выносливости и т.п.), либо уравнениями теплового баланса.

В соответствии с диаграммой Герси–Штрибека нагрузочным параметром для опорных подшипников является давление p , которое можно выразить через среднее индикаторное давление P_i или через эффективный крутящий момент на фланце двигателя M .

Определить уровень повреждаемости в зависимости от запаса мощности удобно в относительном виде, т.е. выразить $N(n)$, $M(n)$ и n через значения

$$\tilde{N} = N(n) / N_{ном}, \quad \tilde{M} = M(n) / M_{ном} \quad \text{и} \quad \tilde{n} = n / n_{ном},$$

где $N_{ном}$, $M_{ном}$ и $n_{ном}$ – номинальные мощность, момент и частота вращения, соответственно.

Тогда основные характеристики главного двигателя (рис. 3) запишем следующим образом:

$\tilde{N}(\tilde{n}) = \tilde{C}_d(\tilde{n}_{вн}) \cdot \tilde{n}^3$ – безразмерная винтовая характеристика по мощности (при $\tilde{n}_{вн} = 1$ имеем стационарную винтовую характеристику);

$\tilde{M}(\tilde{n}) = \tilde{C}_d(\tilde{n}_{вн}) \cdot \tilde{n}^2$ – безразмерная винтовая характеристика по крутящему моменту;

$\tilde{M}_{вн}(\tilde{n}) = \frac{A + B \cdot \tilde{n} - C \cdot \tilde{n}^2}{A + B - C}$ – безразмерная внешняя нагрузочная характеристика по крутящему моменту, определяемая по формуле С.Р. Лейдермана;

$\tilde{C}_d(\tilde{n}_{вн}) = \frac{1}{A + B - C} \cdot \left(\frac{A}{\tilde{n}_{вн}^2} + \frac{B}{\tilde{n}_{вн}} - C \right)$ – коэффициент динамически «тяжелого» винта в безразмерной винтовой характеристике (при $\tilde{n}_{вн} = 1$ коэффициент $\tilde{C}_d(\tilde{n}_{вн}) = 1$);

A , B , C – эмпирические коэффициенты формулы С.Р. Лейдермана, которые для дизельных двигателей с непосредственным впрыском равны: $A = 0,87$; $B = 1,4$; $C = 1$;

$\tilde{n}_{вн}$ – абсцисса точки пересечения динамической винтовой характеристики с внешней нагрузочной характеристикой.

На основании критерия Герси зависимость скорости износа u от параметра (M/n) можно определить, начиная с некоторого порогового значения $(M/n)_{пор}$, характеризующего переход от жидкостного на полужидкостной режим трения.

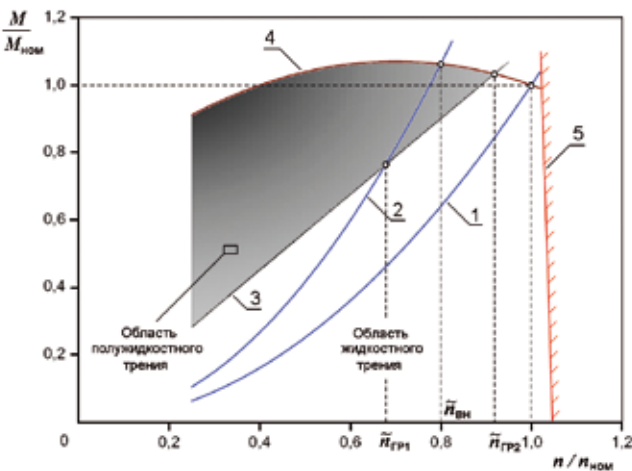


Рис. 3. Характеристики главного двигателя
1 – стационарная винтовая характеристика; 2 – характеристика динамически «тяжелого» гребного винта; 3 – граница между жидкостным и полужидкостным режимом трения опорных подшипников коленчатого вала; 4 – внешняя нагрузочная характеристика; 5 – регуляторная характеристика

Анализ исследований износа пар трения в условиях граничного трения и трения без смазки показал, что скорость объемного изнашивания может быть представлено эмпирической зависимостью [3]

$$u_v = K_u \cdot F_{тр}^m \cdot v^c, \quad (1)$$

где K_u – коэффициент износа, характеризующий материал пары трения и условия изнашивания; $F_{тр} = f_{тр} \cdot S_{тр} \cdot P$ – сила трения; $f_{тр}$, $S_{тр}$, P – коэффициент трения, площадь трения и среднее давление на опорный подшипник, соответственно.

Для граничного и полужидкостного видов трения в большинстве случаев принимают $m = 1$, $c = 1$. Если под величиной u принять удельную скорость циклового изнашивания и линеаризовать участок полужидкостного трения (область II) на диаграмме Герси–Штрибека, то, обозначив через $y = n/M$, в первом приближении уравнение (1) можно преобразовать в следующее выражение:

$$u \approx \begin{cases} 0 & \text{при } y \geq y_{пор}; \\ a_u \cdot (y_{пор} - y) \cdot M & \text{при } y < y_{пор}, \end{cases} \quad (2)$$

где $y_{пор} = (n/M)_{пор}$ – пороговое значение параметра y , выше которого износ не происходит.

Так как переменные y и M в уравнении (2) связаны между собой винтовой зависимостью, выразим их через частоту вращения вала n . В результате выражение (2) преобразуется к виду

$$u(\tilde{n}, \tilde{n}_{вн}) \approx \begin{cases} 0 & \text{при } \tilde{n} \leq \tilde{n}_{ГР1}; \\ \tilde{a}_u \cdot \left[\frac{1}{\tilde{n}_{ГР1}} - \frac{1}{\tilde{n}} \right] \cdot \tilde{n}^2 & \text{при } \tilde{n}_{ГР1} < \tilde{n} < \tilde{n}_{вн}, \end{cases} \quad (3)$$

где $\tilde{n}_{ГР1} = \frac{1}{\tilde{C}_d(\tilde{n}_{вн}) \cdot \tilde{y}_{пор}}$ – нижняя граница между режимами жидкостного и полужидкостного трения; $\tilde{y}_{пор} = (\tilde{n}/\tilde{M})_{пор}$ – пороговое значение параметра y в безразмерном виде; $\tilde{a}_u$ – коэффициент пропорциональности, который сокращается в формуле (4).

В связи с непродолжительностью во времени участков I (приработка) и III (прогрессирующий износ) на рис. 2, б можно считать, что отношение повреждаемости без запаса мощности и при его наличии будет приблизительно пропорционально отношению скоростей линейного износа, т.е.

$$\frac{f}{f(k_N)} \approx \frac{\bar{u}}{\bar{u}(k_N)}, \quad (4)$$

где $f(k_N)$, f – частота отказов при наличии запаса мощности и без него, соответственно;

$\bar{u}(k_N)$, $\bar{u}$ – средний цикловой износ при наличии запаса мощности и без него, соответственно.

Примем, что распределение $\tilde{n}_{вн}$ может быть представлено левой ветвью нормального закона распределения

$$p_n(\tilde{n}_{вн}) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}\sigma_n} \cdot \exp\left[-\frac{(\tilde{n}_{вн}-1)^2}{2\sigma_n^2}\right], \quad (5)$$

а относительная эффективная мощность $\tilde{N} \equiv x$ по винтовой характеристике описывается бета-распределением [4]

$$p_x(x) = \gamma \cdot x^\alpha \cdot (1-x)^\beta,$$

где $\gamma = \frac{\Gamma(\alpha+\beta+2)}{\Gamma(\alpha+1) \cdot \Gamma(\beta+1)}$; $\Gamma(\dots)$ – гамма-функция; α , β – параметры бета-распределения.

Примечание: Удобство использования бета-распределения заключается в том, что в зависимости от значений параметров α и β оно может иметь положительную асимметрию ($0 < \alpha < \beta$), быть симметричным ($\alpha = \beta$) или иметь отрицательную асимметрию ($0 < \beta < \alpha$). Кроме того, распределение ограничено сверху ($x = 1$), что соответствует номинальной мощности. Распределение можно ограничить снизу по мощности холостого хода N_{xx} для двигателей, работающих на винт регулируемого шага (для винтов фиксированного шага ограничение снизу будет соответствовать минимально устойчивым оборотам двигателя), если через x обозначить выражение $(N - N_{xx}) / (N_{ном} - N_{xx})$. Все это позволяет использовать его при обработке статистических данных [5] для двигателей различного назначения (дизельгенераторы, главные двигатели) на судах разных типов.

Плотности вероятности распределения $\tilde{N}$, $\tilde{M}$ и $\tilde{n}$ для стационарной винтовой характеристики при $\tilde{n}_{вн} = 0,3$ и значениях параметров бета-распределения $\alpha = 6$ и $\beta = 2$ приведены на рис. 4.

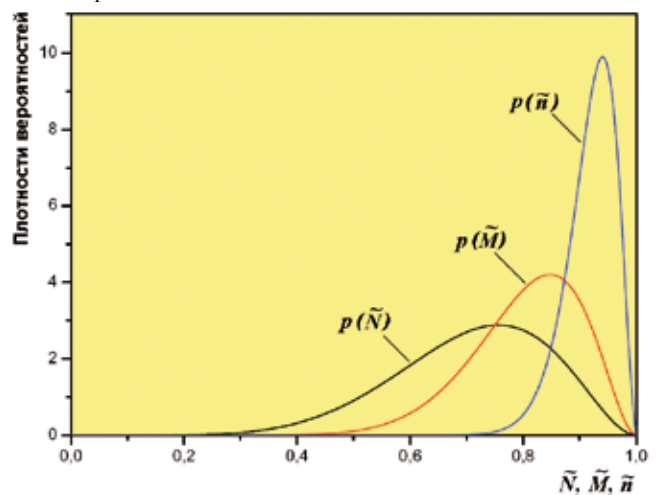


Рис. 4. Плотности вероятности распределения мощности $p(N)$, крутящего момента $p(M)$ и частоты вращения вала $p(n)$

Воспользуемся преобразованием переменных с использованием винтовых характеристик. В результате получим выражения для распределения относительной частоты вращения вала $\tilde{n}$:

$$p_n(\tilde{n}) = \frac{3\gamma}{\tilde{n}_{вн} - \tilde{n}_{xx}} \cdot x_n^{3\alpha+2} \cdot (1-x_n^3)^\beta \quad \text{при } \tilde{n}_{xx} \leq \tilde{n} \leq \tilde{n}_{вн}; \quad (6)$$

где $x_n = \frac{\tilde{n} - \tilde{n}_{xx}}{\tilde{n}_{вн} - \tilde{n}_{xx}}$; $\tilde{n}_{xx} = n_{xx} / n_{ном}$.

Тогда, используя формулы (3), (5) и (6), окончательно получим выражение для вычисления средней скорости циклового изнашивания:

$$\bar{u} = \int_{\tilde{n}_{ГР1}}^{\tilde{n}_{вн}} \left[\int_{\tilde{n}_{xx}}^{\tilde{n}_{вн}} u(\tilde{n}, \tilde{n}_{вн}) \cdot p_n(\tilde{n}) \cdot d\tilde{n} \right] p_n(\tilde{n}_{вн}) \cdot d\tilde{n}_{вн}, \quad (7)$$

где $\tilde{n}_{н}$ – нижний предел интегрирования, равный $\tilde{n}_{ГР1}$ или $\tilde{n}_{xx}$ в зависимости от того, что больше; $\tilde{n}_{ГР2}$ – верхняя гра-

ница полужидкостного трения, определяемая при решении квадратного уравнения

$$\tilde{n}_{ГР2} = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a},$$

где $a = C$; $b = \frac{(A+B-C)}{\tilde{y}_{пор}} - B$; $c = -A$.

Наличие запаса мощности, характеризуемое коэффициентом k_N , эквивалентно уменьшению значений внешней характеристики в k_N раз и работы главного двигателя по «облегченной» стационарной винтовой характеристике. Поэтому средняя скорость циклового изнашивания с запасом мощности $\bar{u}(k_N)$ по формуле (7) вычисляется путем замены $\tilde{y}_{пор}$ на $\tilde{y}_{пор}/k_N$ в уравнениях (3) и (7) при определении $\tilde{n}_{ГР1}$ и $\tilde{n}_{ГР2}$.

Относительный уровень повреждаемости опорных подшипников коленчатого вала $f/f(k_N)$ в зависимости от коэффициента запаса мощности k_N по формулам (4) и (7) приведен на рис. 5 при $\tilde{y}_{пор} = 0,9$ и $\sigma_n = 0,15$.

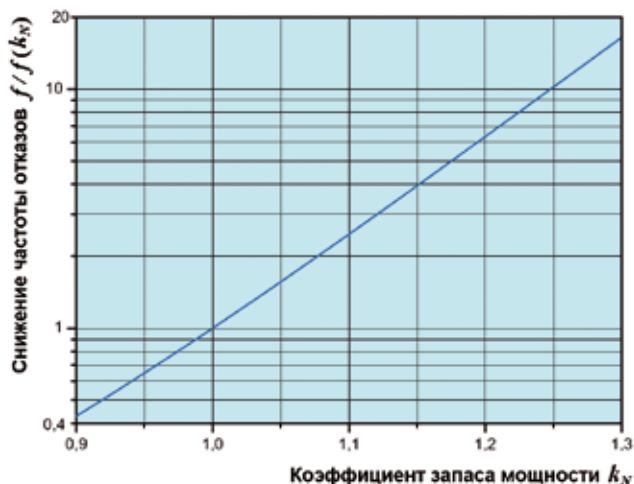


Рис. 5. Снижение частоты отказов в зависимости от коэффициента запаса мощности

С помощью формул (4) и (7) итерационным методом можно решать обратную задачу – находить значение коэффициента запаса мощности в зависимости от требуемого уровня снижения частоты отказов опорных подшипников коленчатого вала.

Как отмечалось в работе [1], повреждаемость опорных подшипников коленчатого вала у двигателей, работающих

на ВРШ, приблизительно в 5,2 раза выше по сравнению с двигателями, работающими на ВФШ, что вызвано различием в характере управления двигателем. Из графика на рис. 5 следует, что, например, для снижения частоты отказов при работе двигателя на ВРШ до уровня ВФШ условное судно с характеристиками, соответствующими принятыми в расчете исходными данными, должно иметь двигатель с дополнительный запас мощности равный 18% по сравнению с двигателем, работающим на ВФШ. Зависимость на рис. 5 так же иллюстрирует снижение долговечности опорных подшипников коленчатого вала при эксплуатации двигателя с длительными перегрузками ($N > N_{ном}$).

Если по результатам натурных исследований судна-прототипа получено совместное распределение эффективной мощности N и частоты вращения вала n и по данным стендовых испытаний определены пороговое отношение $(n/M)_{пор}$ и скорость циклового изнашивания, то полученные зависимости можно использовать для оценки уровня повреждаемости опорных подшипников при выборе мощности главного двигателя.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Увеличение запаса мощности снижает частоту отказов не только опорных подшипников коленчатого вала, но и других элементов двигателя. Поскольку отказы опорных подшипников наиболее массовые, снижение их повреждаемости характеризует уменьшение частоты отказов двигателя в целом.

Предлагаемая методика позволяет определить уровень повреждаемости двигателя в зависимости от его мощности и получить необходимую исходную информацию для оценки стоимости жизненного цикла двигателя с учетом затрат на ликвидацию последствий от аварийных случаев.

ЛИТЕРАТУРА

1. Емельянов М.Д. Анализ повреждаемости судовых главных двигателей. // Двигательостроение. – 2011. – №3. – С.35–39.
2. Краткий справочник судового механика: Техническое использование судовых дизелей / М.А. Малиновский, А.А. Фока, В.И. Ролитинский, Ю.З. Вахрамеев. – Одесса: Маяк, 1987. – 168 с.
3. Проников А.С. Надежность машин. – М.: Машиностроение. – 1978. – 592 с.
4. Васильев Б.В., Ханин С.М. Надежность судовых дизелей. – М.: Транспорт, 1989. – 184 с.
5. Шагин В.В., Двойнис Л.И., Гулин Г.И. Оценка точности автоматической регистрации нагрузки судовых двигателей. – Тр. Калинингр. техн. ин-та рыб. пром-сти и хоз-ва; 1972, вып. 47, С. 27–37. ■

Деятельность Центрального научно-исследовательского института судового машиностроения (ЦНИИ СМ) включает работы по оснащению подводных и надводных кораблей гидрооборудованием, а также разработку, изготовление и техническое обслуживание погружных глубоководных гидравлических систем с источниками гидропитания, распределительной и предохранительной аппаратурой, манипуляторными устройствами. Эти устройства и системы позволяют управлять и обеспечивать гидропитанием узлы глубоководных аппаратов, отвечающих, например, за поддержание курса.

Залогом высокой надежности и конкурентоспособности проектируемых устройств являются: простота эксплуатации и уменьшение их массы и габаритов.

ГИДРОРАСПРЕДЕЛИТЕЛИ ПРЯМОГО ДЕЙСТВИЯ

А.Н. Гаврилова, инженер-конструктор ЗАО «ЦНИИ СМ»,
контакт. тел. 640 1051 доб. (25-04)

С целью обеспечения потребностей флота наша организация разработала конструкции гидрораспределителей, отличающихся гидравлической схемой, количеством электромагнитов и габаритами (рис. 1).

КОНСТРУКТОРСКИЕ РАЗРАБОТКИ

Под «золотниковым гидрораспределителем прямого действия» понимают гидрораспределители золотникового типа, золотник которых приводится в действие напрямую с помощью электромагнитов, без промежуточного усиления.

Технические характеристики гидрораспределителя

Рабочая жидкость:
масло МГ-22-Б (АУП)
..... по ТУ 38.1011258-89,
масло МГ-15-В (МГЕ-10А)
..... по ТУ 38.401-58-337-2003,
жидкость ПГВ по ГОСТ 25821-83.
Температура окружающей
среды (воздуха), °С От –2 до +50
Макс. расход, л/мин 30
Рабочее давление, МПа (кгс/см²) 16 (160)
Тип управления Электромагнитный,
ручной

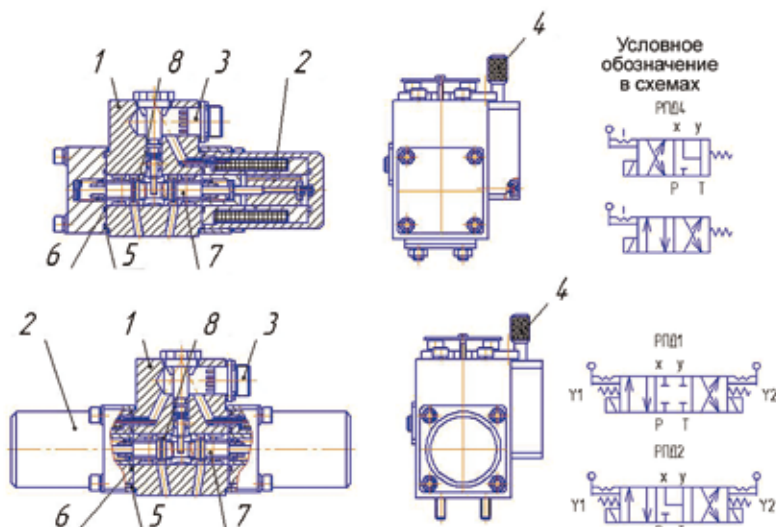


Рис. 1. Виды электромагнитных гидрораспределителей РПД
1 – корпус; 2 – электромагнит; 3 – вилка; 4 – рукоятка; 5, 6 – кольцо; 7 – золотник; 8 – втулка

УСТРОЙСТВО РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ И ЭЛЕКТРОМАГНИТА

Технические характеристики электромагнита

Номинальная потребляемая мощность, Вт	$8^{+0.5}$
Напряжение питания постоянного тока, В.....	27^{+3}_{-4}
Рабочий ход якоря H , мм.....	$3 \pm 0,1$
Сила толкающая при напряжении 23 В и ходе $H = 3_{-0,1}$ мм, кгс, не менее.....	6

Распределитель электромагнитный (см. рис. 1 и 2) состоит из корпуса 1, который распределяет поток к исполнителям с помощью золотника 7, одного или двух электромагнитов 2, вилки 3 для подключения распределителя к электрической системе управления, рукоятки 4 для ручного управления. Стык электромагнита 2 с корпусом 1 уплотнен кольцами 5 и 6.

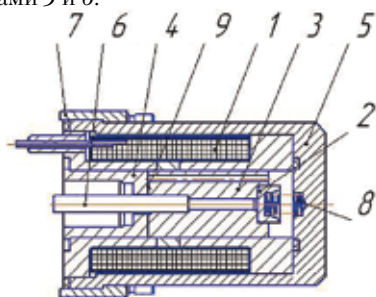


Рис. 2. Электромагнит
1 – катушка; 2 – втулка; 3 – якорь; 4 – втулка; 5 – корпус; 6 – толкатель; 7 – фланец; 8 – пружина; 9 – прокладка

Электромагнит постоянного тока имеет высокую эксплуатационную надежность и обеспечивает мягкое переключение. Он не выходит из строя, если

во время работы останавливается из-за перегрева, вследствие низкого энергопотребления или, например, из-за заклинивания золотника. Возможна высокая частота переключений.

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ

Рассмотрим рис. 3, на котором показан распределитель в рабочем состоянии. При подключении вилки распределителя 1 к электрической системе управления и включении нужного

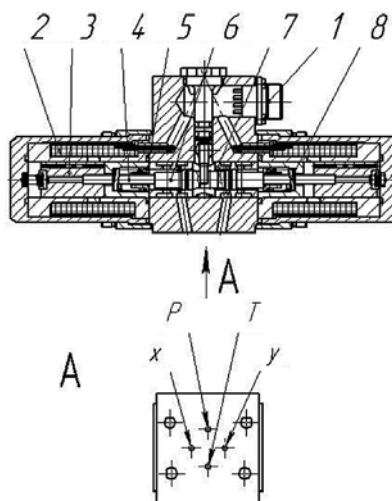


Рис. 3. Распределитель РПД в рабочем состоянии
1 – вилка; 2 – катушка; 3 – якорь; 4 – толкатель; 5 – тарелка; 6 – золотник; 7 – втулка; 8 – пружина

электромагнита (в нашем случае включается левый электромагнит) создается магнитное поле. Якорь 3 перемещает толкатель 4 и золотник 6 сдвигается

во втулке в сторону движения на 3 мм. При сдвигании золотника вправо канал P (напор) соединяется с Y , а канал T (слив) – с каналом X , при сдвигании влево, происходит наоборот: канал P соединяется с X , а канал T – с Y .

Если одновременно включить два электромагнита, то золотник останется на месте, в нейтральной позиции, т.е. в положении, в которое золотник устанавливается при воздействии усилия пружины 8. Возврат золотника осуществляется в нейтральное положение после отключения электромагнита.

УСТАНОВКА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ

Для более наглядного понимания того, как правильно устанавливаются распределители, рассмотрим блок распределителей (рис. 4).

Распределители установлены на плите 2 и уплотнены кольцами 4. Они защищены от окружающей среды кожухом 1. Заведение кабелей для их подключения к электрической системе управления осуществляется через вилку 5. Блок присоединен к гидравлической системе через ниппели 7. Уплотнение стыка ниппелей с плитой осуществляется кольцами 6.

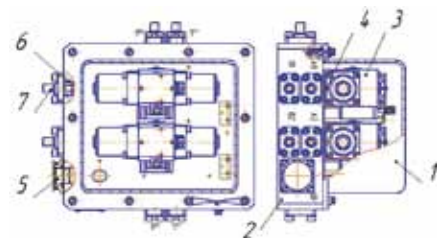


Рис. 4. Блок распределителей
1 – кожух; 2 – плита; 3 – распределитель электромагнитный; 4, 6 – кольцо; 5 – вилка; 7 – ниппель

Преимуществами нового распределителя являются: небольшие габариты и масса, упрощение монтажа, новая технология, заключающаяся в посадке втулки на герметик Анатерм-102 или Анатерм-103 (ТУ 6-01-1300-85) в корпусе распределителя, что позволяет значительно упростить и ускорить технологию сборки распределителя. Кроме того, электромагнит управляет золотником (электроуправление), также предусмотрена одна рукоятка для ручного управления (см. рис. 1).

ЛИТЕРАТУРА

1. Башта Т.М. Машиностроительная гидравлика. – М.: Машиностроение, 1971.
2. Экспер Х., Фрейтаг Р. и др. Гидропривод: Основы и компоненты. – Эрбах (Германия), Бош Рексрот АГ Сервис Автоматизация Дидактика, 2003. ■

Россия, 192029
Санкт-Петербург, ул.Дудко, д.3
Телетайп: 122214 NASOS RU
Тел. (812) 640-11-69
Факс (812) 640-11-72
info@proletarsky.ru
www.proletarsky.ru

Россия, 192029
Санкт-Петербург, ул. Дудко, 3
Тел. (812) 640-1051
Факс (812) 640-1052
sudmash@ sudmash.ru
www.sudmash.ru



ОАО «Пролетарский завод» и ЗАО «ЦНИИ судового машиностроения» в настоящее время представляют собой современный научно-производственный комплекс судового машиностроения, ведущий разработку и поставку широкой номенклатуры конкурентоспособного судового оборудования для строительства отечественного флота.

ЦНИИ судового машиностроения было образовано в 1970 г. для обеспечения научно-обоснованных разработок эффективного оборудования судового машиностроения. В этом же году было создано Научно-производственное объединение в составе ЦНИИ СМ как головного предприятия и «Пролетарского завода».

Сегодня ЗАО «ЦНИИ судового машиностроения» - многопрофильное научно-исследовательское предприятие, обладающее высоким научно-техническим потенциалом, применяющее современные CALS-технологии.

ОАО «Пролетарский завод» совместно с ЗАО «ЦНИИ СМ» создают уникальную продукцию судового машиностроения, успешно используя мировой опыт ведущих зарубежных фирм. Создаваемые изделия обладают высокой конкурентоспособностью в России и за рубежом и в ряде случаев не имеют аналогов в отечественном судостроении.

Продукция судового машиностроения одобрена Морским Регистром РФ, а также может поставляться с сертификатами иностранных классификационных обществ. В 2008 г. получены сертификаты соответствия системы менеджмента качества международному стандарту ИСО 9001 и ГОСТ Р ИСО 9001, а также имеются необходимые лицензии на разработку различных видов техники.

Ряд работ по созданию судового оборудования и устройств, например: устройства передачи грузов в море на ходу и манипуляторные устройства., удостоены Государственной премии СССР и РФ.

ОАО «Пролетарский завод» и ЗАО «ЦНИИ СМ» всегда готовы к взаимовыгодному сотрудничеству с отечественными и зарубежными партнерами.



Компания «Армалит-1» имеет уже более чем вековой опыт производства трубопроводной арматуры, и за это время зарекомендовала себя как надежный поставщик качественной высокотехнологичной продукции. Все это время предприятие уделяет большое внимание процессам модернизации самих конструкций судовой арматуры, в том числе с помощью применения новейших материалов, так и технологических процессов ее изготовления. Конечными целями всех мероприятий являются повышение эксплуатационных характеристик изделий, снижение стоимости и сокращения сроков производства.

В настоящее время работы ведутся по всем вышеуказанным направлениям. В первую очередь для увеличения ресурса нашей продукции предпринимаются меры по уменьшению износа сопрягаемых поверхностей (к примеру, седло и тарелка), происходящего в процессе эксплуатации изделий. Целями данных мероприятий являются продление срока службы изделия, увеличение максимального количества циклов.

В данный момент мы экспериментируем с технологиями детонационного напыления и специальных наплавов. Детонационное напыление — одна из разновидностей газотермического напыления промышленных покрытий, в основе которого лежит принцип нагрева напыляемого материала (обычно порошка) с последующим его ускорением и переносом на напыляемую деталь с помощью продуктов детонации. При детонационном напылении для нагрева и ускорения напыляемого материала используется энергия продуктов детонации газокислородного топлива. В качестве горючего газа обычно применяется пропан-бутановая смесь. Детонационное нанесение покрытий — дискретный процесс, осуществляемый последовательным выполнением следующих операций, входящих в единичный цикл (выстрел):

- заполнение взрывчатой газовой смесью ствола детонационной пушки;
- подача в ствол пушки порошка;
- взрыв газовой смеси в стволе.

Состав взрывчатой смеси и степень заполнения ствола существенно влияют на энергетические характеристики продуктов детонации. От процентного соотношения горючего, окислителя и разбавителя, а также от их объема зависит:

- количество тепла, выделяющегося при детонации;
- степень термической диссоциации продуктов детонации;
- химическая активность продуктов детонации по отношению к наносимому материалу;

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СУДОВОЙ ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ В ОАО «АРМАЛИТ-1»

М.С. Смаковский, главный инженер ОАО «Армалит-1»,
контакт. тел. (812) 459 4579

– температура и скорость истечения из ствола порошка.

Преимуществами детонационного метода напыления являются:

- высокая адгезия покрытия (80–250 МПа);
- низкая пористость покрытия (0,5–1%);
- отсутствие деформации напыляемой детали;
- незначительный нагрев напыляемой детали;
- низкие требования к подготовке поверхности под напыление;
- широкая номенклатура напыляемых материалов;
- высокие механические характеристики покрытия.

Технология детонационно-газового напыления позволяет не только восстановить рабочие поверхности детали, но и существенно повысить эксплуатационный ресурс за счет применения износостойких материалов. Детонационно-газовый способ позволяет наносить покрытия из металлов, их сплавов, оксидов и карбидов металлов, композиционных порошков (плакированных и конгломерированных), а также механических смесей. В частности, на предприятии ОАО «Армалит-1» широко применяется напыление поверхностей медных сплавов смесью оксида алюминия и окиси хрома.

После нанесения покрытия участки детали с ним обрабатываются алмазным инструментом по специальной технологии, в результате получается практически идеально гладкая поверхность с твердостью более 60 HRC.

Основными недостатками детонационного напыления, по опыту ОАО «Армалит-1», можно назвать кропотливую финишную обработку напыленных поверхностей. Любая ошибка в усилиях обработки, режимах работы, глубине съема может привести к скалыванию напыленных поверхностей. Также поверхности с детонационным напылением обладают низким сопротивлением к удару. Однако, несмотря на перечисленные недостатки, такой

вид обработки дает возможность значительно увеличить ресурс изделия.

Другим способом увеличения ресурса пары «тарелка—седло» традиционно является наплавка. В этой сфере на нашем предприятии при помощи и под руководством ИЭС им. Е.О. Патона проводится опытная работа по внедрению порошково-плазменной наплавки.

Детали судовой арматуры эксплуатируются в коррозионной среде различной интенсивности и в условиях трения металла о металл с высокими удельными нагрузками. С учетом таких условий эксплуатации для наплавки деталей обычно используют сплавы на основе кобальта. Комплексные исследования и испытания наплавленных деталей позволили оптимизировать состав наплавленного металла традиционной для кобальтовых стеллитов системы легирования кобальт—хром—вольфрам—углерод. Установлено, что металл, наплавленный плазменным способом, с концентрацией углерода 1,3–1,7%, характеризует значительно более высокая стойкость против образования трещин, чем металл, наплавленный вручную электродами ЦН-2.

В зависимости от назначения судовой арматуры в качестве основного металла наплаваемых деталей применяют цветные металлы, в частности бронзу (клинкетные задвижки). При этом основная проблема при наплавке кобальтовых сплавов на медные сплавы заключается в том, что в зоне соединения таких разнородных материалов могут образовываться новые фазы и структурные составляющие, оказывающие существенное влияние на их свойства. Исследования зоны сплавления кобальтового сплава 90Х30К55В5Н7Р и никелевых сплавов НХ15СР2, НХ25С5Р с бронзой Бр АЖНМц 9-4-4-1 показали, что технологические преимущества плазменно-порошковой наплавки обуславливают отсутствие кристаллизационной или диффузионной прослойки. Сварные соедине-

ния этих сплавов характеризуют удельная прочность и хорошая коррозионная стойкость.

При наплавке кобальтовых сплавов на стальную основу возможно появление трещин. Основным средством борьбы с ними является предварительный и сопутствующий подогревы наплавляемых заготовок. Для повышения трещиностойкости кобальтовых стеллитов в ИЭС им. Е.О. Патона было предложено дополнительно легировать их бором, при введении которого образуется легкоплавкая боридная эвтектика, способная залечивать горячие трещины. Исследования показали, что лучшую стойкость против образования трещин имеют стеллиты, содержащие 0,5–0,9% бора. Легирование бором снижает температуру плавления кобальтовых стеллитов, обеспечивает получение более качественных присадочных порошков и улучшает формирование наплавленного металла.

Испытания жаростойкости и коррозионной стойкости не выявили существенной разницы в характере окисления кобальтовых стеллитов с бором и без него. В результате исследований для наплавки уплотнительных поверхностей судовой и химической арматуры разработан порошок ПН-АН34 (ПР-КХ30Н6ВСР) на основе кобальта. Твердость металла, наплавленного этим порошком, составляет 44–48 HRC₃. Однако полностью отказаться от предварительного подогрева при наплавке кобальтовых сплавов не удастся. Следует заметить, что при предварительном подогреве увеличивается проплавление основного металла, что нежелательно. Однако за счет выбора оптимального соотношения между подачей порошка и силой тока дуги удастся обеспечить минимальное проплавление основного металла даже при предварительном подогреве до 600 °С. Наряду с малым угаром легирующих элементов при плазменно-порошковой наплавке это позволяет получать металл требуемого состава уже в первом наплавленном слое. Примером может служить восстановление плазменной наплавкой порошком ПН-АН34 изношенных деталей крупных задвижек, регулирующих потоки среды с высокими коррозионными свойствами и температурой до 630 °С, срабатывающих на открытие–закрытие 24 тыс. раз в год. Опыт эксплуатации восстановленных задвижек показал их высокую работоспособность.

Существенную долю арматуры в судовом машиностроении наплавляют сплавами на основе меди. Использование в этом случае плазменно-порошковой наплавки на обратной полярности взамен ручной аргоноду-

говой позволяет за счет более низкого тепловложения в основной металл получить наплавленный металл с минимальным содержанием железа и высокими механическими свойствами биметаллического соединения. Установлено, что применение плазменной наплавки деталей арматуры порошком ПР-Бр. АЖНМц 8,5-4-5-1,5 взамен аргонодуговой наплавки бронзы Бр. АМц 9-2 позволило в 3–8 раз повысить производительность труда и в 2 раза сократить расход присадочного металла.

Основная проблема наплавки – трудность ее нанесения на литые поверхности из-за повышенной пористости последних. Фактически опыт работы с наплавкой МН40 показал, что нанесение наплавки на подготовленные поверхности литых заготовок оканчивается 100%-ным браком. Поэтому, чтобы избежать всего вышеперечисленного, мы перерабатываем конструкции клапанов с добавлением ввертных или сварных седел, с предварительной выполненной наплавкой.

Предприятие «Армалит-1» в борьбе за повышение срока эксплуатации изделий не останавливается на улучшении только наплавки и напыления, но проводит и опытную работу по применению новых видов уплотнительных материалов в своих изделиях. Сейчас на наших стендах испытывается шаровой кран с принципиально новым видом фторопласта Ф-4РМ, разработанным в НИФХИ им. Л.Я. Карпова (г. Москва).

Новый фторопласт Ф-4РМ получен путем высокотемпературной физико-химической обработки стандартных заготовок (штулок, стержней, дисков, пластин, листов) из фторопласта-4 и обладает уникальным сочетанием свойств, присущих исходному полимеру (химической и биологической инертностью, антифрикционными, диэлектрическими, антиадгезионными и др. свойствами), и свойств, приданных ему путем обработки (износостойкостью, низкой ползучестью, высокой радиационной стойкостью).

По сравнению с фторопластом-4 у нового фторопласта:

- износостойкость выше в $(1-4) \cdot 10^4$ раз;
- коэффициент сухого трения ниже до 50%;
- скорость ползучести ниже в 30–50 раз;
- величина обратимой деформации при сжатии (при нагрузках до 30 МПа) выше в 10 и более раз;
- рабочая температура в узлах трения и уплотнениях выше в 2 раза и более;
- радиационная стойкость выше в 102 и более раз;

- оптическая прозрачность в видимой области спектра выше в 2–3 раза;
- диэлектрические и антиадгезионные свойства, а также химическая стойкость сохранены на уровне исходного фторопласта-4.

По износостойкости, прочности, ползучести, величине обратимой деформации и радиационной стойкости новый фторопласт существенно превосходит известные композиции на основе фторопласта-4 с такими наполнителями, как стекловолокно, кокс, углеволокно, оксид кобальта, бронза и др. (Ф4С15, Ф-4К20, Ф4УВ15, Ф-4КС2, Сеперфлувис и др.).

Испытания трибологических, физико-механических и теплофизических свойств, климатической, химической и радиационной стойкости, потери массы и газовой выделения проведены в ФГУП НИФХИ им. Л. Я. Карпова, а также ведущих отраслевых институтов и материаловедческих центрах России ФГУП ВИАМ, ФГУП НПО им. С.А. Лавочкина, ОАО «Институт пластмасс им. Г.С. Петрова», ОАО «Композит» и др.

Ограничения по использованию исходного немодифицированного фторопласта-4 возникают из-за его высокой ползучести, низкой износостойкости и низкой радиационной стойкости. Традиционно перечисленные недостатки устраняются путем создания на его основе композиций. Для изготовления композиций используются наполнители (кокс, графит, металлы, оксиды металлов и др.). Новый материал Ф-4РМ, полученный физико-химической обработкой фторопласта-4, обладает более высокими показателями, по сравнению с лучшими композициями. Ф-4РМ рекомендуется к применению в качестве:

- поршневых и штоковых уплотнений гидроцилиндров;
- поршневых колец и сальниковых уплотнений компрессоров;
- щелевых уплотнений насосов;
- уплотнений шаровых кранов;
- подшипников и опор скольжения;
- седел и сальниковых уплотнений клапанов;
- фланцевых уплотнений;
- торцевых уплотнений.

В том числе для работы в условиях:

- агрессивной среды (кислоты, щелочи, морская вода и др.);
- повышенных температур (до 200 °С);
- повышенных давлений (до 25 МПа).

Практически во всех случаях, где в настоящее время используется фторопласт-4 в чистом виде или в составе композиции, замена его на Ф-4РМ приведет к увеличению рабочего ре-

Сравнительные характеристики исходного и структурно-модифицированного фторопласта-4

Параметр	Исходный фторопласт-4*	Ф-4РМ
Плотность	2.10–2.18	2.20
Коэффициент сухого трения в кинематической схеме «палец–диск» по стали: 25 кг/см ² , 1 м/с, Ra = 0,15 140 кг/см ² , 1 м/с, Ra = 0,15	0,26–0,27	0,23–0,24 0,20
Интенсивность износа в кинематической схеме палец-диск по стали без смазки, мкм/км: 25 кг/см ² , 1 м/с, Ra = 0,15 50 кг/см ² , 1 м/с, Ra = 0,15 140 кг/см ² , 1 м/с, Ra = 0,15	1500 4100	0,1–0,2 0,3 1,1
Модуль упругости при растяжении, МПа	250–300	400–500
Модуль упругости при сжатии, МПа	300–350	600–700
Напряжение при сжатии при деформации, МПа: 2% 5% 10%	5,8 12,3 16,5	9,6 19,5 27,0
Деформация при сжатии с постоянной скоростью 1 МПа/мин до 25 МПа (в скобках приведена необратимая часть деформации после разгрузки), %	28–30 (20–25)	8–10 (1–2)
Деформация при сжатии при нагрузке 14 МПа за 24 часа (в скобках – необратимая часть деформации после разгрузки), %	16 (12)	5–10 (0–1)
Деформация при растяжении при нагрузке, составляющей 70% от разрывной прочности, за 100 часов; %	150	1–2
Диэлектрическая проницаемость при 10 ⁹ Гц	2,1	2,1–2,2
Диэлектрические потери при 10 ⁹ Гц	2,0 10 ⁻⁴	(2,0–3,0) 10 ⁻⁴
Электрическая прочность, кВ/мм (2 мм)	Не менее 25	Не менее 50
Интегральный коэффициент оптического пропускания в области 400–800 нм (пленка 100 мкм), %	<35	>70
Допустимая рабочая температура деталей скольжения и уплотнений при умеренных нагрузках (1–10 МПа) и скоростях скольжения (0,5–2 м/с), °С	50–100	200
Химическая стойкость (концентрированные, кислоты, щелочи, органические растворители, морская вода)	Стоек	Без изменений
Газовыделение, % (ГОСТ Р 50109)	Менее 0,01	Без изменений
Радиационная стойкость (вакуум), Мрад	1	300**

* Высокомолекулярный фторопласт-4 суспензионной полимеризации.

** Снижение механической прочности не более чем на 75%.

сурса и повышению надежности работы машин и механизмов. Дополнительный анализ применимости и проведение испытаний в реальных условиях эксплуатации может потребоваться в том случае, когда фторопласт работает при критических температурах и давлениях.

Получение фторопласта, по сути, с уникальным комплексом характеристик открывает наряду с традиционными новые перспективные направления его использования и позволяет решать материаловедческие проблемы.

Исходя из всего вышеперечисленного, ОАО «Армалит-1» проводит опытную работу по замене фторопластов Ф4, Ф40 и графелона на модифицированный фторопласт. Это позволит не только увеличить ресурс изделия, но и уменьшить усилие, необходимое для срабатывания шара, а также улучшить шумовые характеристики изделия.

Для уменьшения стоимости изделий и сроков поставки конструкторы

ОАО «Армалит-1» разрабатывают модульные конструкции основных типов судовой арматуры. Задача осложняется тем, что принято принципиальное решение при изменении конструкции клапана не потерять ни в одной из его характеристик (как эксплуатационных, так и габаритных). Фактически речь идет о том, что каждое изделие будет собираться из определенных унифицированных элементов (фланцы, тарелки, крышки, штоки и т. п.), что и позволит существенно уменьшить цикл производства и удешевить изделие. Также предпринимаются действия по тотальной унификации узлов сигнализации.

Это только малая часть того, что предпринимает предприятие для улучшения своей продукции, для обеспечения клиентов уникальным высококачественным продуктом. Для подробного описания всех идей, внедряемых в ОАО «Армалит-1», не хватит страниц издания. Современное развитие техники, материалов позволя-

ет развиваться и арматуростроению. В нашей области машиностроения обрывается широкое поле для применения новых типов гидроэлектроприборов, контрольных систем, нельзя забывать об арматуре с применением композитных материалов, и, конечно, разработках, направленных на уменьшение шумовых, габаритных и весовых характеристик изделий.

Коллектив ОАО «Армалит-1» осознает свою ответственность перед заказчиками, и вот уже более ста лет прикладывает значительные усилия для того, чтобы по-прежнему оставаться лидером среди производителей судовой трубопроводной арматуры в Российской Федерации.

ЛИТЕРАТУРА

1. ТУ 2213-103-00208982-2007. Модифицированный фторопласт-4 (Ф-4РМ).
2. Переплетчиков Е.Ф., Рябцев И.А. Плазменно-порошковая наплавка деталей запорной арматуры различного назначения // Арматуростроение. – 2007. – №4(49). – С. 57–61. ■

В настоящее время в составе установок гарантированного электропитания (УГП) повсеместное распространение получили устройства на базе статических преобразователей частоты и напряжения, а также дизель-генераторных установок [1–3]. В качестве статических преобразователей частоты и напряжения в системах гарантированного электроснабжения используются агрегаты бесперебойного электропитания (АБП), способные обеспечить бесперывное (on-line) электроснабжение либо электроснабжение с минимальными перерывами (off-line). Структурные схемы установок гарантированного электропитания на базе статических преобразователей частоты и напряжения представлены на рис. 1.

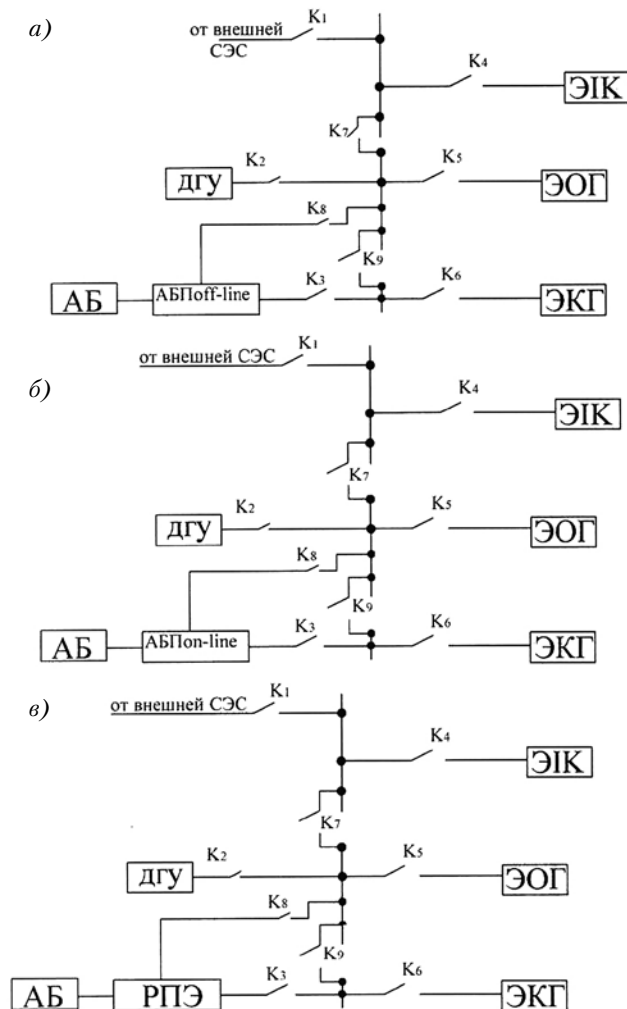


Рис. 1. Уставки гарантированного электропитания на базе статических преобразователей частоты и напряжения: а – УГП с АБП off-line; б – УГП с АБП on-line; в – УГП с РПЭ

ДГУ – дизель-генераторная установка; АБ – аккумуляторная батарея; РПЭ – реверсивный преобразователь электроэнергии; ЭИК – электропотребители 1-й категории; ЭКГ – электропотребители критической группы; ЭОГ – электропотребители особой группы 1-й категории

Из рис. 1, а следует, что использование в УГП АБП off-line обеспечивает высокие технико-экономические показатели, поскольку в нормальном режиме АБП отключено от потребителя и находится в резерве. Однако показатели надежности и качества электроснабжения при этом невысокие, поскольку имеются гальванические связи электропотребителей крити-

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ РЕВЕРСИВНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В УСТАНОВКАХ ГАРАНТИРОВАННОГО ПИТАНИЯ АВТОНОМНЫХ ОБЪЕКТОВ

И.О. Прутчиков, д-р техн. наук, проф. ВИТУ,
В.В. Камлюк, д-р техн. наук, ген. директор ООО «НПО 122 УМР»,
В.И. Михайлов, канд. техн. наук, зам. ген. директора ООО «Звезда-энергетика»,
А.В. Маккавеев, научный сотрудник НИК ВИТУ,
контакт. тел. (812) 646 7290

ческой группы (ЭКГ) с внешним источником электроснабжения (внешней СЭС), а также перерыв в электропитании на время подключения АБП. Схема на рис. 1, б, в отличие от ранее рассмотренной, имеет значительно более высокие показатели по качеству и надежности электроснабжения, поскольку здесь при использовании агрегатов класса АБП on-line нет перерывов в электроснабжении и гальванической связи между внешней СЭС и ответственными электропотребителями. В то же время постоянная работа АБП on-line под нагрузкой снижает технико-экономические показатели данной схемы. В ряде работ [4–6] в качестве статического преобразователя частоты и напряжения для систем автономного энергоснабжения было предложено использовать реверсивный преобразователь электроэнергии (РПЭ), который по сути представляет собой специально сконструированный и запрограммированный инвертор с широкими функциональными возможностями по использованию в автономных СЭС с ДГУ. В частности, в работах [7–9] показана эффективность совместного применения РПЭ и ДГУ в автономных СЭС на режимах частотного обратимого запуска, форсировки ДГУ по активной мощности, выравнивания графиков электрических нагрузок, когенерации и аккумулирования энергии.

Выполненный анализ показывает, что РПЭ может быть с успехом применен в УГП, например, по схеме, изображенной на рис. 1, в. Характерная особенность РПЭ, отличающая его от АБП on-line и АБП off-line, – это способность работать параллельно с сетью и ДГУ на всех эксплуатационных режимах. Данное обстоятельство дает схеме рис. 1, в с использованием РПЭ ряд следующих преимуществ:

1. В нормальном режиме РПЭ включен на параллельную работу с внешней сетью в режиме холостого хода (ненагруженный резерв), что обеспечивает по надежности и качеству электроснабжения такой же уровень, как в схеме рис. 1, б (АБП on-line), а по экономичности – как в схеме рис. 1, а (АБП off-line). Имеется возможность в нормальном режиме работы по схеме рис. 1, в использовать РПЭ не только для обеспечения гарантированного электропитания, но и для повышения динамической устойчивости автономной СЭС (форсировка по активной мощности), а также $\cos \varphi$ системы (компенсация реактивной мощности), улучшения показателей качества электроэнергии, реализации технологии когенерации и аккумулирования энергии, как это показано в работах [10–12].

2. В аварийном (автономном) режиме работы, когда РПЭ функционирует параллельно с ДГУ, можно за счет выравнивания графиков электрических нагрузок, форсировки по активной и реактивной мощности ДГУ значительно улучшить экономические показатели, качество и надежность автономного электроснабжения, снизить установленную мощность ДГУ и повысить ее моторесурс.

3. Работая по схеме рис. 1, в, РПЭ при необходимости может быть включен в режим с полной гальванической развязкой от внешней СЭС.

Таким образом, комплексное применение РПЭ в системах гарантированного электроснабжения автономных объектов позволяет существенно повысить характеристики надежности и качества электроснабжения, улучшить технико-экономические, массогабаритные и ресурсные показатели элементов СЭС.

УГП на базе РПЭ могут быть структурно реализованы по нескольким вариантам, как это показано на рис. 2. На рис. 2, а

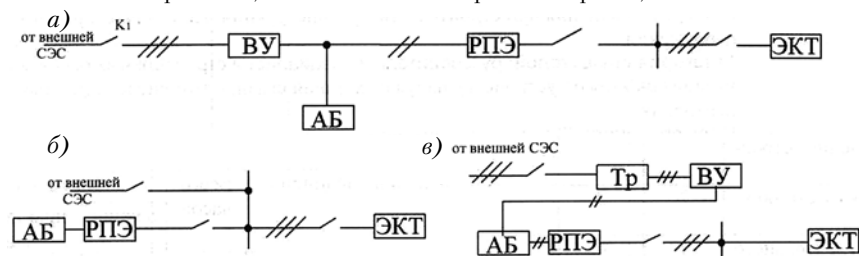


Рис. 2. Структурная схема УГП на базе РПЭ: а – схема с отсутствием гальванической связи ЭКГ с внешней СЭС; б – с гальванической связью ЭКГ с внешней СЭС; в – с переменным уровнем напряжения постоянного тока ВУ – выпрямительное устройство, ИПН – импульсный преобразователь напряжения, Тр – трансформатор

представлена схема УГП при отсутствии гальванической связи ответственных электропотребителей с внешней СЭС. В данной схеме РПЭ используется в режиме АБП on-line. Однако некоторые дополнительные функции, присущие РПЭ, здесь могут быть сохранены. Так, например, сохраняются возможности компенсации реактивной мощности, подключения на параллельную работу с ДГУ и т.д.

Схема на рис. 2, б изначально предполагает параллельную работу с внешней СЭС, что, с одной стороны, характеризуется наличием гальванической связи между внешней СЭС с ответственными электропотребителями, а с другой – позволяет на всех режимах в полном объеме комплексно реализовать все положительные функциональные возможности РПЭ.

Схема на рис. 2, в, в отличие от ранее рассмотренных, позволяет процесс аккумуляции энергии проводить на более низком уровне напряжения, что может быть удобно при реализации технологий аккумуляции и когенерации энергии в комбинированных энергоустановках с ДГУ. Следовательно, с учетом ранее рассмотренных функциональных возможностей РПЭ наиболее перспективной для практической реализации следует признать схему рис. 2, б. Заслуживают внимание также комбинированные схемы с возможностью переключения ввода от внешней СЭС как по схеме рис. 2, а, так и по схеме рис. 2, б.

Возможности применения РПЭ в системах гарантированного электроснабжения могут быть существенно расширены в случаях их совместного использования с ДГУ.

Эффективность совместного использования ДГУ и АБП на базе статических преобразователей частоты в системах гарантированного электроснабжения очевидна. Обладая значительным большим периодом автономной работы, ДГУ обеспечивает необходимую продолжительность гарантированного электроснабжения, в то время как АБП на период запуска ДГУ обеспечивает требуемые показатели качества электроснабжения, в частности, безаварийный переход с основных энергоисточников на резервные. Применение в УГП РПЭ позволяет еще более увеличить эффект от совместного использования статических преобразователей и ДГУ, поскольку практически на всех эксплуатационных режимах может обеспечиваться режим параллельной работы ДГУ и РПЭ.

На рис. 3, представлены структурные схемы УГП на базе совместного применения РПЭ и ДГУ. На схеме рис. 3, а ДГУ

и РПЭ соединены последовательно. РПЭ здесь используется в режиме АБП on-line и имеет ограниченные возможности по реализации своих комплексных функций. Данная схема в настоящее время является общепринятой при реализации УГП с ДГУ и АБП on-line.

На рис. 3, б внешняя СЭС, ДГУ и РПЭ включены параллельно. РПЭ может использоваться в режиме АБП off-line по общепринятой схеме нахождения в холодном ненагруженном резерве. При параллельной работе РПЭ с внешней СЭС (коммутационные аппараты К1 и К3 включены) для РПЭ обеспечивается режим горячего (включенного) ненагруженного резерва (работа на холостом ходу). В этом режиме все дополнительные функциональные возможности РПЭ, обеспечивающие рост технико-экономических показателей, могут быть реализованы в максимальном объеме.

Согласно схеме на рис. 3, в, в нормальном режиме, когда коммутационные аппараты К1 и К2 включены и РПЭ работает в режиме АБП on-line (включенный нагруженный резерв), возможности реализации дополнительных функций РПЭ ограничены. В то же время в аварийном (автономном) режиме, когда РПЭ и ДГУ работают в параллель, возможности комплексного использования РПЭ могут быть реализованы в полном объеме.

Таким образом, схемы УГП с возможностью параллельной

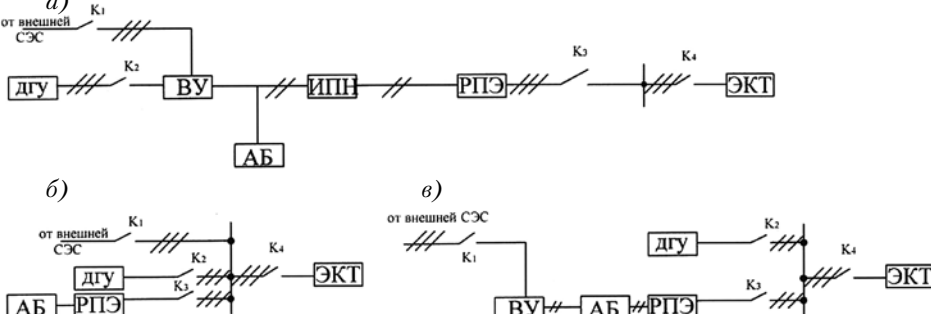


Рис. 3. Структурная схема УГП с РПЭ и ДГУ: а – схема с последовательным соединением ДГУ и РПЭ; б – с параллельным соединением внешней СЭС, ДГУ и РПЭ; в – с параллельным соединением ДГУ и РПЭ
ЭКГ – электропотребители критической группы 1-й категории

работы РПЭ и ДГУ следует отнести в настоящее время к ряду наиболее перспективных. На первом этапе представляется целесообразным проработка комбинированных схем на базе рис. 3, б и рис. 3, в, позволяющих реализовать различные варианты подключения внешней СЭС.

Как видим, использование РПЭ в УГП автономных объектов позволяет существенно повысить надежность, качество и технико-экономические показатели гарантированного электроснабжения. При этом наиболее рациональные схемные и технические решения по реализации УГП на базе РПЭ могут быть получены в результате анализа существующего уровня разработок с РПЭ, а также путем математического моделирования, натурных испытаний и экспериментальных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Михайлов А.К. Электроснабжение и электрическая часть станций и подстанций. – Л., 1977, 422 с.
2. Панов Н.Д. Автоматическое управление техническими системами. – Ч. 1. – Л.: Изд. ЛВВИСУ, 1986. – 342 с.
3. Кривое В.Т., Успенский А.Н. Тепломеханическая часть военных электростанций. – Л.: Изд. ЛВВИСУ, 1983. – 458 с.
4. Прутчиков И.О., Камлюк В.В. и др. Реверсивный преобразователь энергии для системы гарантированного энергоснабжения мощностью 6 кВт. – Отчет по НИР/ ВИТУ, СПб., 2006, 62 с.
5. Прутчиков И. О., Камлюк В. В. и др. Математическое моделирование и расчет систем гарантированного энергоснабжения с реверсивными преобразователями энергии. – Отчет по НИР/ ВИТУ, СПб., 2006, 48 с. ■

Структура и принципы построения существующих систем и комплексов корабельного оружия сформировались во второй половине XX в. и в значительной степени определялись принципами построения аппаратуры, требовавшими создания замкнутых, автономных структур, включающих информационную, управляющую и исполнительную части. Для повышения эффективности и автоматизации централизованного управления оружием кораблей были созданы боевые информационно-управляющие системы (БИУС), первые поколения которых решали в основном проблемы информационного обеспечения должностных лиц надводных кораблей, автоматизации решения ряда задач, необходимых для принятия приказов на использование корабельного оружия, а также обеспечивали выдачу команд системам и комплексам оружия.

Появление и быстрое совершенствование вычислительных средств, их внедрение в корабельное оружие на начальном этапе не привели к его кардинальным изменениям. Однако в последние годы возможности вычислительных средств, используемых при разработке корабельного оружия, значительно возросли, что создало условия для расширения функциональных возможностей систем, перехода на цифровые способы обработки информации и принципиального изменения подхода к созданию вооружения надводных кораблей, как единой системы.

НПФ «Меридиан» в 1999–2001 гг. была создана и поставлена на корабли пр. 11356 ВМС Индии (рис. 1) БИУС «Требование-М» [1, 2]. Это была первая отечественная сис-



Рис. 1. Корабли ВМС Индии пр. 11356

тема нового поколения, использующая цифровую обработку всей информации. Система обеспечивает автоматизацию процессов управления боевым использованием вооружения кораблей малого и среднего водоизмещения, в том числе:

- сбор, обработку и отображение информации о воздушной, надводной и подводной обстановке, поступающей от всех источников информации корабля, других кораблей соединения и летательных аппаратов;
- отождествление информации, поступающей от всех источников корабля, и формирование единой картины воздушной, надводной и подводной целевой обстановки с единой нумерацией целей;
- комплексное использование информации, поступающей от всех радиоэлектронных средств корабля и кораблей соединения, в интересах каждой из систем оружия корабля;
- сбор, обработку и отображение информации о состоянии вооружения корабля;
- управление зенитными огневыми средствами корабля в интересах его самообороны и прикрытия кораблей соединения;

СОВРЕМЕННЫМ КОРАБЛЯМ ФЛОТА РОССИИ – НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ БИУС «ТРЕБОВАНИЕ-М»

А.А. Копанев, д-р техн. наук, проф., генеральный директор,
О.Н. Музыченко, д-р техн. наук, проф., главный конструктор,
ОАО «НПФ «Меридиан»,
контакт. тел. (812) 232 3975

- управление корабельными комплексами с крылатыми ракетами, артиллерией и торпедным оружием корабля при решении задач борьбы с надводными целями;
- управление противолодочным оружием корабля;
- планирование и управление применением вертолета корабельного базирования при решении задач освещения воздушной, надводной и подводной обстановки, задач ПВО, ПЛО и борьбы с надводными целями;
- контроль за кораблевождением и обеспечение безопасности плавания корабля;
- выработку рекомендаций для принятия решений по управлению маневрированием корабля и обеспечению безопасности маневрирования.

За время эксплуатации система показала высокие эксплуатационные характеристики, эффективность и стабильность в работе.

В 2009–2010 гг. НПФ «Меридиан» провела глубокую модернизацию БИУС «Требование-М» [3, 4] и поставила ее на вторую тройку кораблей пр. 11356, строящихся для ВМС Индии.

Необходимость модернизации БИУС «Требование-М» была вызвана следующими обстоятельствами:

- изменением состава вооружения кораблей;
- расширением по требованию заказчика перечня задач, решаемых БИУС, а также повышением требований ко времени непрерывного документирования информации и возможностям отображения графической информации на индикаторах АРМ;
- появлением нового поколения элементной базы с большей производительностью;
- необходимостью введения по требованию заказчика экрана коллективного пользования, для отображения информации о тактической обстановке.

Целью модернизации являлось:

- расширение функциональных возможностей БИУС, в том числе реализация дополнительных требований заказчика;
- повышение тактико-технических и эксплуатационных характеристик системы;
- совершенствование алгоритмического и программного обеспечения с учетом опыта эксплуатации БИУС, а также результатов других разработок предприятия [3, 4], для повышения эффективности управления оружием корабля;
- улучшение технических характеристик аппаратных средств за счет использования современной элементной базы;
- улучшение эргономических характеристик системы, в том числе совершенствование и унификация интерфейсов оператора.

В процессе модернизации БИУС «Требование-М» были выполнены следующие работы:

- произведена замена элементной базы аппаратных средств на более производительные, современные вычислительные средства;
- усовершенствована организация обработки первичной радиолокационной информации, разработаны новые средства ее обработки;

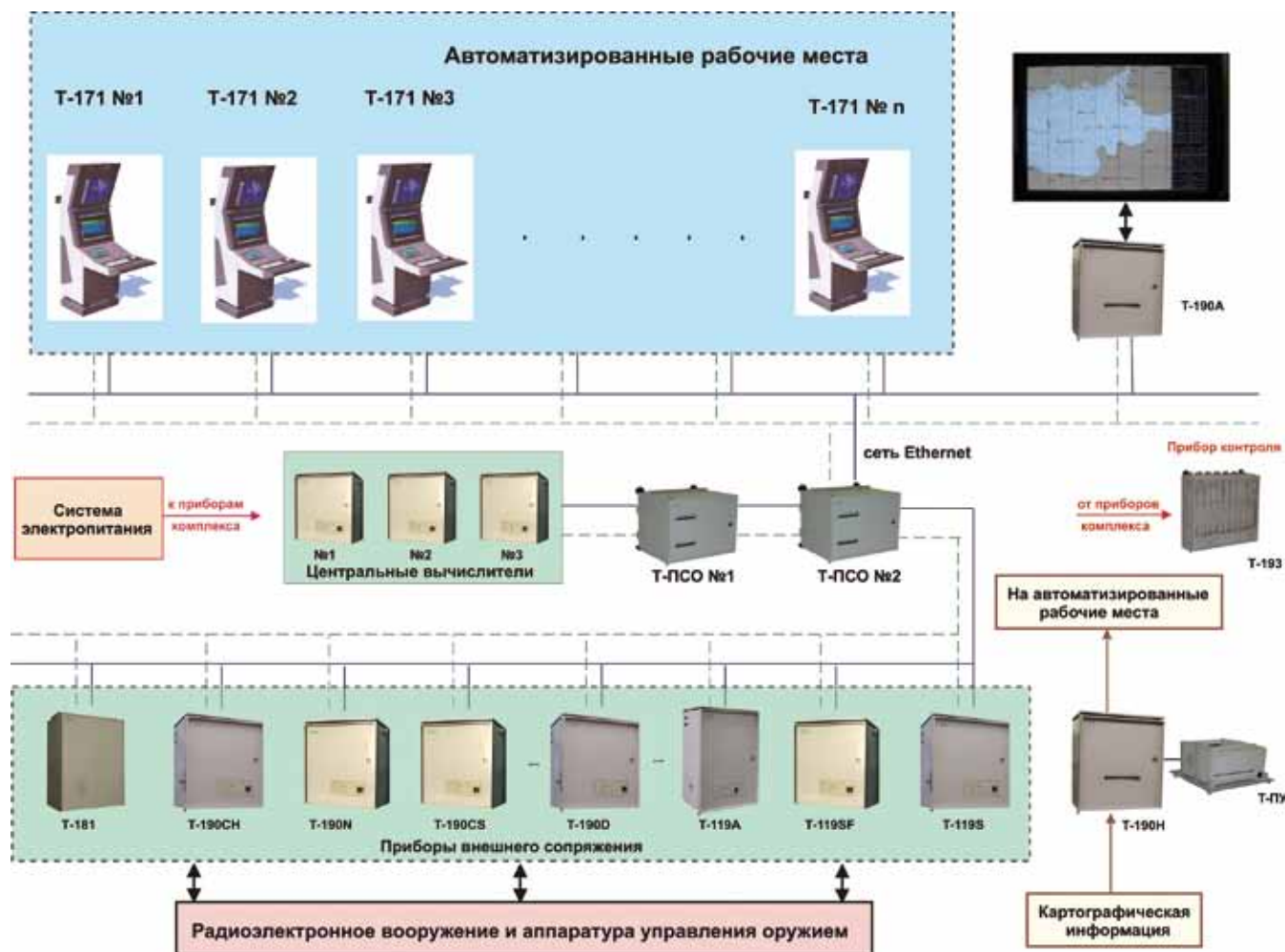


Рис. 2. Структура модернизированной БИУС «Требование-М»

- расширены функциональные возможности системы, в том числе за счет обеспечения обмена информацией через аппаратуру передачи данных с кораблями соединения и тактической группы, летательными аппаратами и береговыми объектами;
- усовершенствовано алгоритмическое и программное обеспечение всех боевых контуров, значительно расширен состав сервисных функций и задач информационного обеспечения операторов;
- унифицирован и сделан более удобным для использования интерфейс операторов АРМ.

Модернизированная БИУС «Требование-М» представляет собой (рис. 2) открытую, распределенную, адаптивную вычислительную систему, построенную на базе современных вычислительных средств, объединенных в локальную сеть. Обмен информацией внутри системы осуществляется по локальным вычислительным сетям Ethernet 100/1000. Сопряжение с установленными на корабле системами вооружения, как и ранее, производится по цифровым каналам приборами сопряжения. Три взаимозаменяемых центральных вычислителя обеспечивают решение ряда вычислительных задач и работу с распределенной базой данных системы, размещаемой в этих приборах. В состав изделия введен экран коллективного пользования для отображения тактической обстановки и дополнительный прибор сопряжения Т-190А для управления отображением на нем.

Полностью изменена организация обработки первичной радиолокационной информации (РЛИ), принимаемой от РЛС корабля. Ранее прибор Т-181 осуществлял только автоматическую коммутацию сигналов первичной РЛИ от корабельных РЛС по командам операторов АРМ. Обработка первичной РЛИ и формирование кадров цифрового изображения про-

исходила в каждом АРМ специальным радар-процессором. В модернизированной БИУС решение всех задач по обработке первичной РЛИ от всех корабельных РЛС осуществляется непосредственно в приборе Т-181, который формирует кадры цифрового изображения, передаваемые на графические станции каждого АРМ по сети Ethernet. В этой БИУС использован АРМ новой конструкции (рис. 3) с двумя плоскопанельными мониторами цветного отображения, который представляет собой трехпроцессорный комплекс на базе процессоров AMD(GEODE LX 800 - 500 МГц, ОЗУ 256 Мб, Flash-диск 4 Гб, видеоОЗУ до 60 Мб) для решения боевых задач, и Intel Pentium M (1,8 ГГц, ОЗУ 1 Гб, кэш ОЗУ – 2 Мб, видеоОЗУ до 64 Мб) для обработки и отображения графической информации. Для документирования информации дополнительно введен Flash-диск емкостью 8 Гб. В качестве органов управления используются:

- цветной жидкокристаллический индикатор с размером рабочей области экрана не менее 150×210 мм и разрешением не хуже 800×600 точек с сенсорным экраном для организации диалога с оператором;
- шаровый манипулятор типа трекбол;
- функциональная клавиатура диалогового взаимодействия оператора с БИУС.

Взаимодействие составных частей АРМ осуществляется с использованием сети Ethernet 10/100.

Один из мониторов используется для отображения состояния систем и комплексов корабельного оружия а второй – для отображения тактической обстановки на фоне электронной навигационной карты. Плоскопанельные мониторы с графическими станциями выполнены взаимозаменяемыми (переключаемыми). Органы управления (клавиатура и трек-



Рис. 3. АРМ новой конструкции

бол) могут подключаться для управления любым из экранов. Учитывая, что для выполнения всех основных функций оператором достаточно сохранения одного сенсорного экрана с индикатором либо одного из мониторов с графической станцией и какого-либо из органов управления (клавиатуры или трекбола), данные меры позволяют при соответствующей организации программного обеспечения достичь высокой надежности АРМ, превышающей надежность любого из известных отечественных аналогов. Наличие двух полноразмерных экранов в составе АРМ улучшило его эргономические характеристики за счет более наглядного и полного отображения информации о состоянии и работе всего вооружения корабля.

В результате модернизации БИУС «Требование-М» существенно повышены все основные тактико-технические характеристики (ТТХ) системы, значительно расширились ее функциональные возможности. Сопряжение с АПД качественно изменило возможности системы, обеспечивая формирование единого информационного поля, а также централизацию управления в соединении (тактической группе) кораблей. Усовершенствованные алгоритмы способствуют более эффективному управлению вооружением корабля. Использование новой элементной базы и усовершенствованных алгоритмов позволяет сократить рабочее время системы при решении задач управления оружием. Повысилась ее надежность. В результате проведенной модернизации БИУС «Требование-М» по своим функциональным возможностям и ТТХ превосходит отечественные системы аналогичного назначения и находится на уровне лучших мировых образцов.

НОВАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ БИУС «ТРЕБОВАНИЕ-М» ДЛЯ ВМФ РОССИИ

В настоящее время в связи с поставкой БИУС «Требование-М» на корабли ВМФ России НПФ «Меридиан» завершает новую модернизацию системы. Ее необходимость вызвана в первую очередь изменением состава вооружения корабля, отличием организационно-штатной структуры и организации управления на кораблях ВМФ России и кораблях ВМС Индии, различием требований к защите информации и составу решаемых задач. Модернизация проводится по следующим основным направлениям:

- совершенствование структуры изделия с целью повышения его надежности и живучести;
- повышение производительности аппаратных средств;
- адаптация состава аппаратных средств и распределения задач между ними к организационно-штатной структуре и организации управления, принятым в ВМФ России;
- расширение функциональных возможностей системы с целью ее эффективного использования на всех этапах боевой деятельности кораблей ВМФ России;
- адаптация алгоритмического и программного обеспечения системы к составу вооружения кораблей ВМФ России;

– обеспечение полного соответствия требованиям ВМФ России по защите информации и защите от несанкционированного доступа в корабельных системах управления.

В процессе модернизации в целом сохранены структура и принципы построения аппаратных средств БИУС «Требование-М». Два центральных вычислителя позволяют решать вычислительные задачи и работать с распределенной базой данных системы, размещаемой в этих приборах. Сопряжение с установленными на корабле системами вооружения производится по цифровым каналам приборами сопряжения. Оптимизация распределения каналов сопряжения с внешними системами между приборами позволила без увеличения объема оборудования обеспечить полное дублирование всех аппаратных средств, осуществляющих решение задач управления ПВО, ПЛО и борьбы с надводными целями, что значительно повысило надежность и живучесть системы.

В качестве вычислительных средств использованы одноплатные компьютеры с тактовой частотой 2.26 ГГц для графических станций и 500 МГц для решения боевых задач. Обмен информацией внутри системы осуществляется по локальным вычислительным сетям Ethernet 100/1000 Base.

Наибольший объем работ выполняется в части расширения функциональных возможностей БИУС с целью обеспечения решения всего комплекса задач по автоматизации процессов управления многоцелевыми надводными кораблями на всех пяти этапах их боевой деятельности:

- предподоходная подготовка кораблей к выполнению поставленных боевых задач;
- развертывание кораблей из пункта базирования в районы предназначения;
- выполнение кораблями поставленных боевых задач в районах предназначения;
- свертывание кораблей из районов предназначения в пункты базирования;
- восстановление боеспособности кораблей в пунктах базирования.

В настоящее время ни одна из существующих отечественных БИУС не обеспечивает решение всего комплекса указанных выше задач. В основном они предусмотрены для решения части задач этапа выполнения кораблем поставленной боевой задачи в районе предназначения.

Кроме этого, предполагается в дальнейшем обеспечить для различных проектов кораблей в соответствии с их предназначением поэтапное внедрение пакетов программного обеспечения для решения следующих задач:

- поражение надводных целей (объектов) противника с использованием различных комплексов УРО;
- поражение береговых объектов противника с использованием артиллерийских комплексов (установок) и комплексов УРО;
- поиск и поражение подводных диверсионных сил и средств противника;
- постановка позиционных средств (морских мин, радио-гидроакустических буев и др.).

В БИУС «Требование-М» также внедряется разработанный на предприятии пакет программного обеспечения для решения задач тактического маневрирования и обеспечения безопасности плавания, базирующийся на новых принципах [5].

Реализация в полном объеме рассмотренного программного обеспечения позволит получить универсальную систему для оснащения всех проектов многоцелевых кораблей ВМФ России и обеспечивающую автоматизацию процессов управления кораблями, летательными аппаратами (вертолеты, БПЛА) корабельного базирования, боевого использования корабельного оружия и радиоэлектронных средств на всех этапах их боевой деятельности.

Анализ ТТХ БИУС «Требование-М», модернизированной для ВМФ России, ее функциональных возможностей и экс-

платационных характеристик показывает, что отечественная промышленность в настоящее время не производит систем, сопоставимых с БИУС «Требование-М» по своим функциональным возможностям и степени отработанности изделия.

НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ БИУС «ТРЕБОВАНИЕ-М»

Вместе с тем рассмотренная выше модернизация БИУС «Требование-М» – лишь очередной этап ее эволюционного развития, не изменяющий кардинально возможности и предназначение системы.

Одной из основных тенденций развития систем и комплексов оружия надводных кораблей в настоящее время является их интеграция в единую систему боевого управления. Это позволяет:

- сократить суммарное рабочее время при решении задач ПВО, ПЛО, борьбы с надводными целями и повысить качество их решения за счет сокращения числа уровней управления, что обеспечивает повышение эффективности использования оружия корабля;
- сократить суммарные массогабаритные характеристики и стоимость вооружения корабля за счет значительного сокращения аппаратных средств интегрируемых систем;
- уменьшить энергопотребление за счет сокращения количества аппаратных средств;
- сократить количество каналов связи между системами и комплексами корабля и количество кабельных трасс за счет исключения связей интегрируемых систем, а также значительной части их внутрисистемных связей;
- повысить суммарную надежность и живучесть вооружения корабля за счет возможности использования любого оружия по данным любого информационного средства корабля, сокращения количества аппаратных средств и обеспечения их высокой надежности и живучести;
- упростить управление оружием корабля, исключить резервные режимы управления без снижения устойчивости;
- упростить обслуживание аппаратуры за счет сокращения ее номенклатуры и унификации аппаратных средств;
- сократить количество и номенклатуру ЗИП;
- сократить количество личного состава и упростить его подготовку.

ОАО НПП «Меридиан» предлагает для ВМФ России создать на базе БИУС «Требование-М» интегрированную систему боевого управления (ИСБУ) кораблей малого и среднего водоизмещения [6]. С этой целью могут быть использованы имеющийся научно-технический задел в части управления радиоэлектронным вооружением корабля [7]; автоматического опознавания государственной принадлежности целей [8]; построения мостиковых систем, а также результаты разработки автоматизированной системы управления полетами, заходом на посадку и посадкой вертолетов, проводимой предприятием в инициативном порядке.

Предлагаемая интегрированная система боевого управления обеспечит в полном объеме выполнение следующих функций:

- боевой информационно-управляющей системы;
- автоматизированной системы управления полетами, заходом на посадку и посадкой вертолетов;
- интегрированной мостиковой системы.
- автоматической системы государственной идентификации целей.
- Кроме этого, предлагается:
- возложить на данную систему функции управления режимами и секторами работы всех информационных средств корабля (общекорабельных средств обнаружения, средств обнаружения и сопровождения целей комплексов оружия) [7];
- интегрировать в состав системы все функции систем управления ударным ракетным оружием, противолодочным оружием и средствами радиоэлектронного противодействия.

В результате указанных работ будет создана с минимальными затратами полноценная интегрированная система боевого управления корабля (рис. 4). ИСБУ в целом сохранит структуру и принципы построения аппаратных средств БИУС «Требование-М».

С точки зрения выполняемых функций и размещения аппаратных средств предлагаемая ИСБУ включает три составных части:

- оборудование, размещаемое на главном командном пункте (ГКП) и в постах ИСБУ, представляющее собой систему управления вооружением корабля и мероприятиями и действиями корабля в процессе боевой деятельности;
- оборудование, размещаемое на ходовом командном пункте (ХКП) и обеспечивающее управление кораблем, выполняет функции интегрированной мостиковой системы, включающей АРМ командира корабля, вахтенного офицера и рулевого;
- оборудование, размещаемое на стартовом командном пункте (СКП), выполняет функции автоматизированной системы управления полетами, заходом на посадку и посадкой вертолетов.

Конструктивно оборудование ХКП выполняется в виде функционально и технически законченного изделия, созданного по единому художественно-конструктивному замыслу, включающего набор функциональных модулей, объединяемых в единую конструкцию. Оборудование СКП выполняется в виде АРМ руководителя полетов с двумя или тремя экранами, расположенными горизонтально. Блоки сопряжения, центральный вычислитель и сервер документирования располагаются в боковых тумбах АРМ. Форма и габариты АРМ определяются формой и размерами СКП.

Надежность и живучесть ИСБУ будут обеспечены следующими техническими мерами:

- высокой надежностью всех аппаратных средств, их резервированием и полной взаимозаменяемостью всех АРМ и центральных вычислителей;
- эффективной системой диагностики и высокой ремонтнопригодностью аппаратуры;
- распределением основных и резервных аппаратных средств и сетей обмена данными по кораблю, исключающим их одновременное поражение;
- централизацией управления всеми информационными средствами и системами корабельного оружия, использованием целевой информации от всех информационных средств в интересах любого оружия корабля.

Создание на базе БИУС «Требование-М» ИСБУ существенно повысит боевые возможности кораблей и эффективность использования ими оружия. Вместе с тем это потребует определенных финансовых затрат. По предварительным оценкам, данные затраты будут весьма умеренными и окупятся за счет:

- уменьшения стоимости комплексов оружия, функции систем управления которых будут выполняться ИСБУ, сокращения суммарного количества аппаратных средств и количества кабельных трасс;
- уменьшения эксплуатационных расходов;
- сокращения количества и стоимости ЗИП;
- сокращения личного состава;
- сокращения сроков и упрощения подготовки личного состава.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Модернизация БИУС «Требование-М» и ее адаптация к организационно-штатной структуре и организации управления, принятым в ВМФ России, позволят оснастить корабли отечественного флота системой, удовлетворяющей всем требованиям и позволяющей существенно повысить эффективность управления многоцелевыми и другими надводными кораблями, летательными аппаратами (вертолетами, БПЛА)

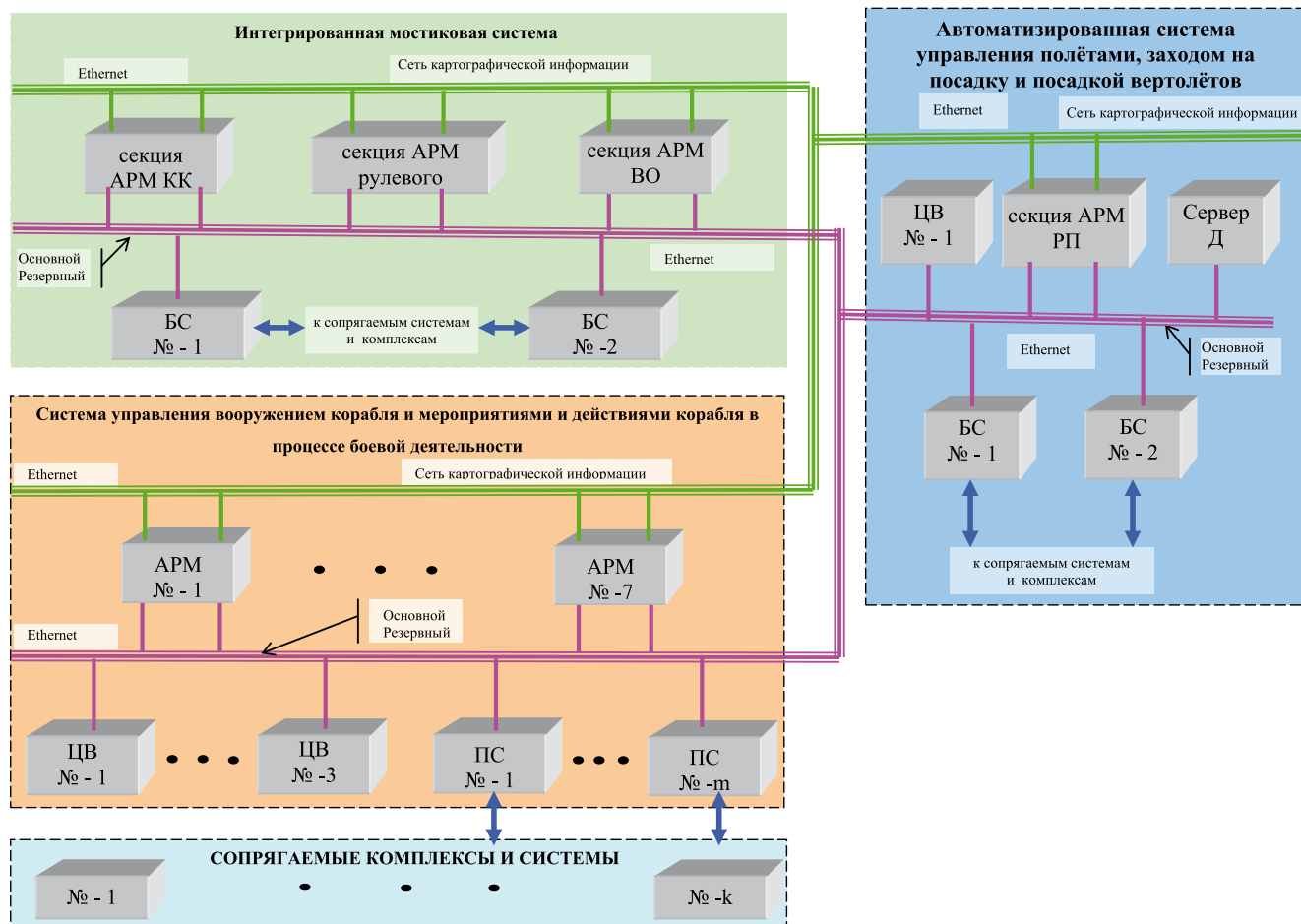


Рис. 4. Обобщенная структурная схема интегрированной системы боевого управления

Секция АРМ КК – секция АРМ командира корабля; секция АРМ ВО – секция АРМ вахтенного офицера; секция АРМ РП – секция АРМ руководителя полетов; ЦВ – центральный вычислитель; ПС – прибор сопряжения; БС – блок сопряжения; Сервер Д – сервер документирования

корабельного базирования, боевым использованием корабельного оружия и радиоэлектронных средств на всех этапах боевой деятельности кораблей.

Создание на базе БИУС «Требование-М» ИСБУ обеспечит практически максимальный уровень интеграции вооружения кораблей, доступный при существующих системах и комплексах оружия. Реализация предлагаемой ИСБУ потребует весьма умеренных и приемлемых затрат, которые должны окупиться за счет удешевления комплексов оружия и уменьшения стоимости эксплуатации вооружения корабля. Интеграция позволит существенно сократить рабочее время на использование ударного и противолодочного оружия за счет исключения операций взаимодействия БИУС с их системами управления при выполнении стрельбы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Копанев А.А. «Требование-М» – новое поколение автоматизированных систем управления // Военный парад. – 2000. – № 5(41). – С.54.
2. Копанев А.А., Музыченко О.Н. Перспективы развития БИУС для кораблей малого и среднего водоизмещения на базе системы «Требование-М» // Морская радиоэлектроника. – 2002. – № 2. – С. 18.
3. Копанев А.А., Музыченко О.Н. Модернизированная боевая информационно-управляющая система «Требование-М» – система нового поколения. – Сб. докл. науч.-техн. конфер. «Состояние, проблемы и перспективы создания корабельных информационно-управляющих комплексов». – М.: ОАО «Концерн «Моринформсистема-Агат», 2011. – С.27–31.
4. Копанев А.А., Музыченко О.Н. Новый этап в развитии БИУС «Требование-М» // Морская радиоэлектроника. – 2011. – № 2 (36). – С. 17–23.
5. Пегушин В.А. Состояние, проблемы и перспективы автоматизации процесса управления маневрированием корабля для занятия назначенной позиции. – Сб. докл. науч.-техн. конфер. «Состояние, проблемы и перспективы создания корабельных информационно-управляющих комплексов». – М.: ОАО «Концерн «Моринформсистема-Агат», 2011. – С.32–36.
6. Землянов А.Б., Копанев А.А., Музыченко О.Н. Интеграция систем управления оружием кораблей // Морская радиоэлектроника. – 2008. – №1(23). – С. 14–21.
7. Музыченко О.Н., Агуреев В.И. Автоматизированная система управления перспективных корабельных радиолокационных комплексов. – Мат-лы Санкт-Петербургской всеросс. науч.-практ. конфер. «Радиоэлектронное вооружение ВМФ: Прошлое, настоящее и будущее». – МО РФ, НИЦ РЭВ – филиал ФГУ «24 ЦНИИ Минобороны России», 2005, вып. 2 (161), с. 49–55.
8. Музыченко О.Н., Агуреев В.И. Интеграция средств государственного опознавания целей надводных кораблей // Морская радиоэлектроника. – 2004. – № 4. – С. 27–31. ■

В состав ОАО «Концерн «Гранит-Электрон» входят одноименное головное предприятие в Санкт-Петербурге и дочерние предприятия: петербургские ОАО «Равенство», ОАО «Завод им. А.А. Кулакова», ОАО «Северный пресс» и ОАО «Саратовский радиоприборный завод».

На протяжении многих лет, начиная с 30-х гг. XX столетия, предприятие создает принципиально новые виды военной техники и вооружений для ВМФ СССР, затем России и ВМС многих зарубежных государств. ВМФ СССР, затем России переданы десятки уникальных радиолокационных станций и комплексов, выполненных на уровне лучших отечественных и мировых аналогов, которыми оснащены корабли практически всех классов, в том числе тяжелый крейсер «Петр Великий», авианесущий крейсер «Адмирал Кузнецов», большие противолодочные корабли, атомные и дизельные подводные лодки (ПЛ), а также объекты берегового базирования. Многие радиолокационные станции (РЛС) и комплексы поставлены на надводные корабли и подводные лодки ВМС Индии, Алжира, Вьетнама и ряда других зарубежных государств.

На вооружение всех атомных и дизельных подводных лодок ВМФ России приняты разработанные на предприятии радиолокационные станции и системы, которые обеспечивают эффективное освещение ближней и дальней надводной обстановки, навигационную безопасность плавания в надводном и перископном положении ПЛ и эффективное применение оружия. Кроме того, на всех дизельных и атомных подводных лодках ВМФ установлены разработанные предприятием станции радиотехнической разведки, станции обнаружения радиолокационных сигналов и пассивные радиолокационные каналы, обеспечивающие освещение радиотехнической обстановки, обнаружение излучающих РЭС и решение задачи предупреждения о возможности обнаружения ПЛ противолодочными силами.

Последние 30 лет в РЛС наряду с простыми импульсными сигналами используются сложные зондирующие сигналы с большой базой и внутриимпульсной модуляцией, позволяющие адаптироваться к условиям наблюдения, эффективно освещать дальнюю надводную обстановку, в том числе и в условиях сверхрефракции, обнаружение надводных целей (НЦ), определять их координаты и параметры движения с выработкой данных целеуказания (ЦУ) торпедному и ракетному оружию. Применение в РЛС таких сигналов обеспечивает высокую помехоустойчивость и скрытность, что в сочетании с возможностью селекции подвижных целей способствует эффективному решению основных задач.

В станциях радиотехнической разведки, станциях обнаружения радиолокационных сигналов, пассивных радиолокационных станциях и каналах реализован прием и пеленгование сигналов излучающих РЭС с помощью специализированных антенных устройств. Это в совокупности с параллельным обзором всего рабочего диапазона частот и возможностью поимпульсного анализа сигналов (с определением вида модуляции, ее параметров и др.), обеспечивает обнаружение источников излучения с любыми видами модуляции и перестройкой параметров излучения, а также РЭС с кратковременным излучением.

Характерными особенностями радиолокационной аппаратуры, разрабатываемой ОАО «Концерн «Гранит-Электрон», являются многоканальный принцип построения, использование базовых многофункциональных приборов с элементами искусственного интеллекта и экспертных систем,

РАДИОЛОКАЦИОННАЯ ПРОДУКЦИЯ ОАО «КОНЦЕРН «ГРАНИТ-ЭЛЕКТРОН» И ЕГО ДОЧЕРНИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

П.Б. Антонов, первый зам. генерального директора,

В.П. Иванов, главный конструктор, директор научно-производственного комплекса, ОАО «Концерн «Гранит-Электрон»,
контакт. тел. (812) 578 9856

за счет чего достигаются высокая эффективность функционирования радиоэлектронного вооружения, минимальные массогабаритные характеристики и высокая эргономичность аппаратуры. Модульный принцип построения аппаратуры и использование вариативности применяемых интерфейсов делает радиолокационное вооружение ОАО «Концерн «Гранит-Электрон» пригодным для модернизации.

РАДИОЛОКАЦИОННОЕ ВООРУЖЕНИЕ ОАО «КОНЦЕРН «ГРАНИТ-ЭЛЕКТРОН»

Радиолокационная комплексная система МРКП-59Э.

Современное радиолокационное вооружение для подводных лодок разрабатывается в виде радиолокационных комплексных систем (РЛКС), функционально и конструктивно объединяющих в своем составе активный (АРК) и пассивный (ПРК) радиолокационные каналы с использованием единого совмещенного антенного поста, который размещается на одном подъемно-мачтовом устройстве.

Радиолокационная комплексная система МРКП-59Э устанавливается на подводных лодках и обеспечивает при их нахождении в надводном или перископном положении решение следующих задач:

- освещение в пассивном режиме надводной и воздушной обстановки в целях предупреждения ПЛ о возможности ее обнаружения противолодочными силами;
- освещение в активном режиме с повышенной скрытностью ближней надводной обстановки в интересах обеспечения навигационной безопасности плавания;
- освещение в активном и пассивном режимах дальней надводной обстановки;



- выдачу координатной информации РЛС в боевую информационно-управляющую систему для выработки данных торпедному и ракетному оружию;

- наглядное отображение и документирование полученной информации.

В состав РЛКС МРКП-59Э входят:

- активный радиолокационный канал освещения надводной обстановки (АРК);
- пассивный радиолокационный канал освещения надводной и воздушной обстановки (ПРК);

- совмещенный антенный пост АРК, ПРК и аппаратуры радиолокационного государственного опознавания;
- комплект эксплуатационной документации (ЭД);
- комплект ЗИП.

РЛКС может устанавливаться на подводных лодках различного назначения.

Малогабаритная РЛКС КРМ-66Э. Радиолокационная комплексная система КРМ-66Э устанавливается на ПЛ и решает следующие задачи при нахождении ПЛ в надводном или перископном положении:

- освещение в пассивном режиме радиотехнической обстановки в интересах предупреждения о обнаружении ПЛ противолодочными силами;
- освещение в активном режиме с повышенной скрытностью ближней надводной обстановки в интересах обеспечения навигационной безопасности плавания ПЛ и выдача данных резервного целеуказания для обеспечения стрельбы торпедным оружием;
- обеспечение опознавания носителя КРМ-66Э своими объектами посредством выдачи кодированных ответных сигналов при получении запросных сигналов в системе радиолокационного госопознавания (ГО).



ПЛ «Лада»



РЛКС КРМ-66Э

Аппаратура РЛКС КРМ-66Э позволяет формировать на ее основе различные комплектации РЛКС по требованию заказчика для конкретных проектов подводных лодок и надводных кораблей.

По требованию заказчика в состав РЛКС может быть включен канал информационно-логического взаимодействия с авиационными выносными наблюдательными пунктами.

В состав КРМ-66Э входят следующие каналы, аппаратура и документация:

- аппаратура активного радиолокационного канала (АРК);
- аппаратура пассивного радиолокационного канала (ПРК);
- совмещенный антенный пост АРК, ПРК и аппаратуры ГО, размещенный на телескопическом мачтовом устройстве непроникающего типа;
- комплект ЗИП;
- комплект эксплуатационной документации (ЭД).

В РЛКС предусмотрен автоматизированный комплексный контроль работоспособности и диагностики неисправностей.

РЛКС может устанавливаться на ПЛ различного назначения.

Радиолокационная станция целеуказания ЗЦ-25Э. Корабельная радиолокационная станция целеуказания (РЛС ЦУ) ЗЦ-25Э предназначена для следующих целей:

- помехозащищенного с высокой степенью скрытности освещения дальней надводной (и частично воздушной) обстановки активными и пассивными радиолокационными средствами;
- обнаружения, автоматического сопровождения, определения координат и элементов движения надводных целей,

- обнаружения, распознавания с использованием базы данных, поставляемой заказчиком, и определения координат надводных и воздушных целей по излучениям их РЭС;
- выработки и выдачи целеуказания (ЦУ) в корабельную автоматизированную систему управления ракетным (торпедным) оружием и данных о надводной обстановке в информационно-управляющую систему корабля;
- взаимодействия с внешними источниками информации (корабли тактической группы, авиационные комплексы разведки и ЦУ и др.) с использованием корабельных штатных средств связи (включение задачи определяется требованиями ЦКБ-проектантов кораблей);
- работы в навигационном режиме в интересах обеспечения безопасности плавания;
- автономной тренировки операторов РЛС ЦУ.



Антенное устройство ЗЦ-25Э



Антенное устройство ПРК



Надводный корабль «Дели», оборудованный РЛС производства ОАО «Концерн «Гранит-Электрон»

В РЛС ЦУ заложены возможности изменения и дополнения состава сопрягаемой аппаратуры и систем за счет

наличия набора стандартных интерфейсов, а также интерфейса для стыковки с радиолокационными индикаторами и тактическими дисплеями.

Радиолокационный комплекс того же типа может быть применен и в береговых ракетных комплексах с противокорабельными ракетами тактического назначения. В таких комплексах также используется наземная автоматизированная система управления (НАСУ) разработки ОАО «Концерн «Гранит-Электрон».



Общий вид НАСУ

Современные научные и инженерные решения, использованные в радиоэлектронном комплексе ОНО и ЦУ типа ЗЦ-25Э, качество, надежность и высокие тактико-технические и эксплуатационные характеристики аппаратуры получили широкое признание ВМФ России и ВМС ряда зарубежных стран.

АППАРАТУРА ПРИЕМА И ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ ВНЕШНИХ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПЕРИСКОПНОГО КОМПЛЕКСА «ПАРУС-98Э»

Аппаратура приема и обработки сигналов внешних радиотехнических систем предназначена для работы в составе перископного комплекса и обеспечивает:

- упреждающее обнаружение воздушных и надводных целей по излучениям их РЭС;
- мгновенное (беспоисковое) обнаружение излучений РЭС в пределах рабочего частотного диапазона;
- прием в заданном рабочем диапазоне импульсных и непрерывных сигналов с любым видом модуляции и поляризации;
- измерение параметров принятых сигналов и их обработку;
- классификацию обнаруженных излучений и их носителей;
- выработку сигналов оповещения об опасности радиолокационного обнаружения;

Аппаратура приема и обработки сигналов «Парус-98Э» обеспечивает круговой обзор воздушного и надводного пространства, обнаружение воздушных, надводных и береговых объектов по излучениям их РЭС, измерение параметров и обработку принятых сигналов, классификацию целей и выдачу обработанной информации об обнаруженных объектах потребителям. Характерной особенностью аппаратуры являются минимальные массогабаритные характеристики антенного устройства, позволяющие размещать ее на перископах любого типа, в том числе и на командирских.

РАДИОЛОКАЦИОННОЕ ВООРУЖЕНИЕ ОАО «САРАТОВСКИЙ РАДИОПРИБОРНЫЙ ЗАВОД»

ОАО «Саратовский радиоприборный завод» разрабатывает и поставляет РЛС берегового наблюдения «Мыс-Э», которая обеспечивает освещение надводной и воздушной обстановки в прибрежных территориальных водах в зоне ответственности береговой системы наблюдения и управление стрельбой артиллерийским и ракетным оружием береговых подвижных батарей по надводным целям.

Характерная особенность РЛС «Мыс-Э» – использование мощного передающего устройства магнетронного типа с поимпульсной перестройкой несущей частоты, что обеспечивает необходимую помехоустойчивость в условиях наличия помех организованного и естественного происхождения.



РЛС «Мыс-Э»

РАДИОЛОКАЦИОННОЕ ВООРУЖЕНИЕ ОАО «РАВЕНСТВО»

ОАО «Равенство» производит активные РЛС МРК-50Э, которые устанавливаются на ПЛ различного назначения. Они обеспечивают:

- освещение надводной обстановки;
- навигационную безопасность плавания ПЛ в надводном и перископном положении;
- выдачу данных целеуказания при использовании торпедного оружия.

В состав станции входят антенный пост, радиолокационный приемопередающий модуль и аппаратура управления, обработки и отображения информации, выносной индикатор кругового обзора на мостике (ВИКОМ).

Характерная особенность МРК-50Э – применение импульсного передатчика магнетронного типа с короткими импульсами, благодаря чему достигается высокая разрешающая способность по дальности и высокая точность определения координат дальности. В станции предусмотрена возможность автоматического сопровождения целей с определением их координат и параметров движения. ■

ОАО «Концерн «НПО «Аврора» имеет более чем полувековой опыт создания тренажерных средств самого различного назначения для отечественного ВМФ и зарубежных заказчиков [1–4]. По своим техническим характеристикам и педагогическим возможностям они не уступают лучшим мировым образцам.

На основе анализа современного состояния отечественного и зарубежного тренажеростроения и тенденций его развития на предприятии разработана концепция создания тренажеров нового поколения, которая включает в себя целый ряд принципов и положений. Эти принципы и положения реализуются на всех этапах проектирования, изготовления и поставки тренажерных средств, начиная от технического задания (ТЗ) и заканчивая гарантийным и сервисным обслуживанием поставленной продукции.

Перечислим основные принципы и положения.

1. Принцип функциональной полноты тренажерного средства. Тренажер любого уровня как технико-педагогическое средство должен обладать тремя необходимыми компонентами:

- конструктивной (точная внешняя копия реального рабочего места оператора);
- модельной (адекватная модель объекта и его системы управления);
- педагогической (реализация учебных целей и задач в полном объеме функциональных обязанностей оператора на корабле).

2. Принцип рационального сочетания имитаторов реальных рабочих мест операторов (РМО), элементов реального корабельного оборудования и автоматизированных рабочих мест операторов (АРМО), выполненных на основе ПЭВМ.

3. Внедрение элементов педагогического проектирования, начиная с выдачи ТЗ и заканчивая этапом сдачи тренажера заказчику.

4. Модульный принцип построения тренажерного комплекса любого уровня, когда тренажерные средства создаются объединением отдельных модулей и специализированных тренажеров, обеспечивая при этом адаптацию комплекса под широкий спектр задач боевой подготовки.

5. Создание тактико-специальных тренажерных средств, обеспечивающих отработку взаимодействия между боевыми частями и службами корабля и экипажа в целом.

Таким образом, ОАО «Концерн «НПО «Аврора» предлагает потенциальному заказчику целую линейку тренажерных средств, начиная со специа-

лизированных тренажеров управления (СТУ) и заканчивая тактико-специальными тренажерными комплексами (ТСТК).

Покажем применение перечисленных выше принципов и положений на реальных примерах создания тренажерных комплексов типа «Лидер» и «Сандал».

1. МОДУЛЬ ТАКТИКО-СПЕЦИАЛЬНОГО ТРЕНАЖЕРНОГО КОМПЛЕКСА

В соответствии с ГОСТ 21036–75 «Тренажеры. Термины и определения» и ГОСТ 26387–84 «Система «человек-машина». Термины и определения» *«тренажер – техническое средство профессиональной подготовки человека-оператора, реализующее физическую и (или) функциональную модель системы «человек-машина» (СЧМ) и ее взаимодействие с предметом труда и внешней средой; обеспечивающее постоянный контроль качества деятельности обучаемых и предназначенное для формирования и совершенствования у него профессиональных навыков и умений, необходимых ему для управления СЧМ».*

Как видно, в НТД назначение тренажера четко определено – это «формирование и совершенствование профессиональных навыков и умений». Достижение этих целей возможно при взаимодействии СЧМ с «предметом труда и внешней средой». В части профессиональной подготовки оператора сложной технической системы (СТС) это означает обеспечение воспроизведения в тренажере информационных и моторных полей деятельности оператора, которые должны быть по конструкции и содержанию идентичны информационному и моторному полям реального объекта управления. В этом случае эргономическое требование исключает возможность создания ложных навыков управления и их переноса на реальный объект.

В полном объеме с этим требованием справляется тренажер, включающий триаду: рабочее место руководителя обучения, моделирующее устройство тренажера и рабочие места обучающихся на основе имитаторов (макетов) пультов и местных постов управления. Только полномасштабные тренажеры позволяют формировать практические навыки. Это бесспорно и подтверждено многолетней практикой подготовки специалистов ВМФ.

В современных же экономических реалиях, с учетом опыта, накопленного за долгие годы обучения экипажей и эксплуатации кораблей, создание тренажеров, включающих в себя исключительно макеты, имитаторы подавляющего большинства узлов корабельного оборудования невозможно и нецелесообразно. При создании полномасштабного тренажера все большую остроту приобретает нахождение баланса между «натуралистичными» элементами СУ и оборудования и их масштабируемыми копиями либо, что чаще всего, моделируемыми виртуальными двойниками. Такой баланс должен определяться на основе анализа деятельности специалистов в реальных условиях корабля.

В качестве примера использования конструкторских приемов с целью усвоения навыков можно привести разрабатываемый предприятием в интересах иностранного заказчика полномасштабный тренажерный комплекс для подготовки специалистов по управлению ПЛ, где найден компромисс между стремлением к максимально возможному применению масштабных имитаторов технических средств и эффективностью обучения на АРМО как результата соотношения затрат и достигаемого эффекта.

Учитывая, что для развития перцептивных навыков предпочтительно использовать подачу информации с помощью фото-, видеофрагментов либо в среде 3D-виртуальной реальности разработчики использовали в тренажере видео-, фотомодели в форме цифровых фотофрагментов и/или цифровых видеосюжетов, что решает проблему соответствия реальной корабельной техники и ее фото-, видеомодели на компьютере.

Достаточная глубина моделирования позволила воссоздать уточненный и детализированный видеоряд с учетом большого объема систем и насыщенности их органами управления и контроля. Это вызвано было еще и тем фактором, что моделируемый корабль относится к предыдущему по степени автоматизации поколению. Соответственно, видеокадры должны предусматривать имитацию значительного объема ручных операций по обслуживанию технических средств, включая процедуры диагностирования и поиска неисправностей, а также операции по борьбе за живучесть (БЗЖ).

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТРЕНАЖЕРЫ ОАО «КОНЦЕРН «НПО «АВРОРА»

К.Ю. Шилов, д-р техн. наук, генеральный директор,
В.В. Кобзев, д-р техн. наук, проф., зам. начальника отдела,
Ю.Н. Сизов, канд. техн. наук, директор проекта,
ОАО «Концерн «НПО «Аврора»,
контакт. тел. (812) 292-95-58

Для выработки перцептивных навыков на видеокдрах рабочих мест обучающихся воссоздаются внешние виды органов и пультов управления на местных постах, щитов, пускателей и т.д. (рис.1)



Рис. 1. Пример изображения органов управления техническими средствами корабля

Основной конструктивной компонентой тренажера является имитатор центрального пульта управления (ЦПУ), который в части приобретения практического навыка должен быть копией реального ЦПУ по насыщенности и информативности. Для достижения этого был использован ряд конструкторских новинок. В частности, новизной в данном проекте можно назвать значительное количество панельных компьютерных станций с имитируемыми внешними видами показывающих приборов из состава центрального поста (ЦП) корабля. Большая их часть сконцентрирована на имитаторе пульта управления системы управления маневрированием (ПУ СУМ), что полностью соответствует размещению «живых» приборов (рис. 2).



Рис. 2. Внешний вид ИПУ СУМ с «навесными» панельными компьютерами

Все имитируемые приборы служат для определения состояния корабля в пространстве и диагностирования его состояния в случае возможных аварийных ситуаций. Поэтому имитацию их в тренажере можно считать обоснованной. Использование панельных станций офисного исполнения вместо электро-механических компонентов позволило значительно сократить время разработ-

ки, упростить электрические схемы подключения, снизить производственные издержки, а программная реализация позволила унифицировать способы моделирования и трансляции параметров

корабля по сети Ethernet на монитор станции и на другие АРМО тренажера.

Имитируемый внешний вид показывающих приборов по размеру, цветовой гамме, динамике изменения значений, наклон и поворот по отношению к оператору полностью соответствует корабельным аналогам. Такое конструктивное упрощение обосновано также отсутствием управляющих воздействий на имитируемые приборы.

Поскольку корабль обладает малой степенью автоматизации, часть операций выполняется в обязательном порядке в ручном режиме, что потребовало создания масштабного макета части арматуры. В натуральную величину с максимальной степенью детализации был воссоздан основной воздушный пост корабля (ОВП), фрагмент которого показан на рис. 3.



Рис. 3. Внешний вид органов ручного управления системы воздуха высокого давления

Макет максимально повторяет размещение элементов, арматуры, показывающих приборов, позволяет имитировать вращение арматуры на заданное количество оборотов, что в результате способствует выработке моторных на-

выков. Стойки ОВП размещены таким образом, чтобы не прививать ложные навыки. Приборы контроля выполнены электро-механическими, что обосновано необходимостью постоянного наблюдения за их значениями. Преобразование управляющего сигнала выполняется с помощью программируемых модулей ввода-вывода общепромышленного исполнения.

Использование этих модулей – результат опыта, накопленного в процессе создания тренажеров. Модули сконструированы в монтажных ящиках и не фигурируют в визуальном поле обучающегося. В то же время в качестве компромисса часть показывающих приборов с целью снижения стоимости разработки, а также унификации программного обеспечения (ПО) смонтированы на навесных панельных станциях. Для большей наглядности в ОВП введена часть ложных трубопроводов и кабельных трасс, окрашенных и промаркированных соответствующими красками. Соответствие обозначений трубопроводов также должно способствовать повышению усвоения учебного материала и узнаваемости систем корабля, т.е способствовать получению перцептивного навыка.

С использованием навесных широкоформатных компьютерных панельных станций выполнено рабочее место (РМО) вахтенного инженера-механика (ВИМ), показанное на рис. 4.



Рис. 4. Внешний вид корабельного рабочего места вахтенного инженера-механика

Большие размеры станций позволили учесть фактические размеры, размещение на корабле имитируемых приборов и обеспечить обучающемуся возможность выполнять свои действия по контролю и управлению техническими средствами. В результате, информационное и моторное поля максимально соответствуют рабочему полю деятельности вахтенного инженера-механика на корабле. Стоит отметить, что объем управляющих воздействий на его рабочем

месте минимален и сводится к проверке исправности ламп и заданию скорости хода корабля, что и позволило использовать имитацию приборов на персональном компьютере (ПК).

При воссоздании рабочих мест операторов ЦП также учтены и другие эргономические нюансы, в частности: посадочные места, расстояния до ПУ и между собой соответствуют корабельным размерам. Кроме этого, при определении рабочих мест обучающихся учитывалось количество боевых постов (БП), смен корабельной вахты, количество людей в помещениях и т.п. факторы корабельной организации.

При создании тренажера не была упущена необходимость получения интеллектуальных навыков. Тем более, что сейчас происходит понимание необходимости смещения акцента с приобретения моторных навыков на умение ориентироваться в процессе своей деятельности. Поэтому эффективность работы экипажа корабля, в первую очередь принятие и реализация решений, определяется психологической составляющей деятельности человека – умением ориентироваться во время своей деятельности, а это достигается прежде всего интеллектуальным навыком, который опирается, в том числе, и на абстракцию (в виде схем, блок-схем, алгоритмов и т.д.). Поэтому интеллектуальный навык достигается на тренажере путем предоставления информации обучаемому в виде схем, блок-схем, т.е. схематично оформленного и изложенного текста технической и эксплуатационной документации (рис. 5).

У данного подхода – огромная история его использования в учебных процессах по инженерным специальностям. Способность «читать» схемы прививается в высших и средних специализированных учебных заведениях и является неотъемлемой частью инженерного образования. Схемы представлены на АРМО в сочетании с названными выше изображениями лицевых панелей приборов контроля и управления.

Таким образом, с помощью современных технологий в тренажере использованы подходы, прививающие перцептивные и интеллектуальные навыки для части экипажа, разработка для которых масштабных имитаторов БП нецелесообразна по разного рода причинам.

2. ТАКТИЧЕСКИЙ МОДУЛЬ ТРЕНАЖЕРНОГО КОМПЛЕКСА

В ходе развития современных тренажерных средств ВМФ на основе локальных вычислительных сетей до настоящего времени еще не сформировалось отдельное направление разработки моделирующих систем и тренажеров для тактической подготовка команди-

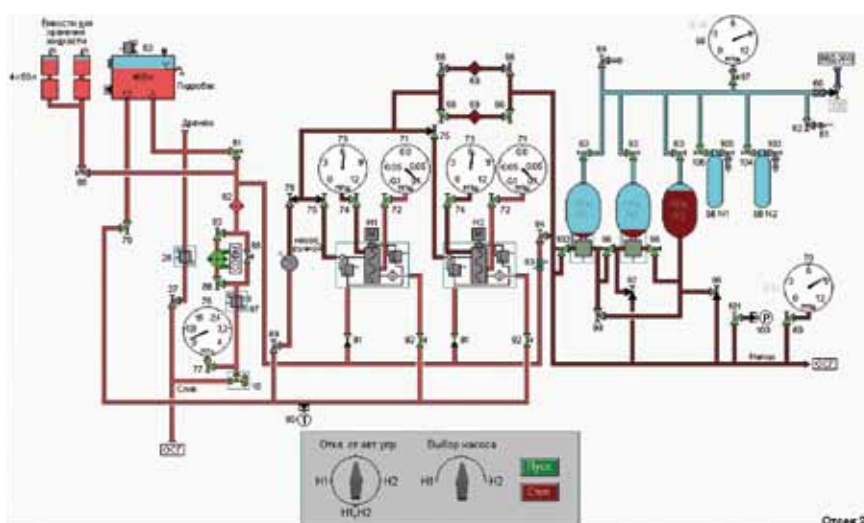


Рис. 5. Вид анимированной схемы корабельной системы на АРМО

ров сил ВМФ. Нет ни теории, ни перечня требований к подобным системам. Определенным исключением является тактический модуль, создаваемый в рамках тренажерного комплекса «Сандал» (рис. 6), который предназначен для подготовки личного состава иностранных ВМС. Комплекс создается НПО «Аврора» с привлечением предприятия «Центропрограммсистем» (г. Тверь).

Тактической обстановки (ИТО) (рис. 7), представленный в форме участка карты района действий соответствующего масштаба.

На ИТО отображается обстановка по целям, обнаруженным средствами освещения обстановки модели (НК, ПЛ или вертолета). На карту может быть наложен круговой планшет типа Ш-26. В этом случае корабль (НК или ПЛ) рас-

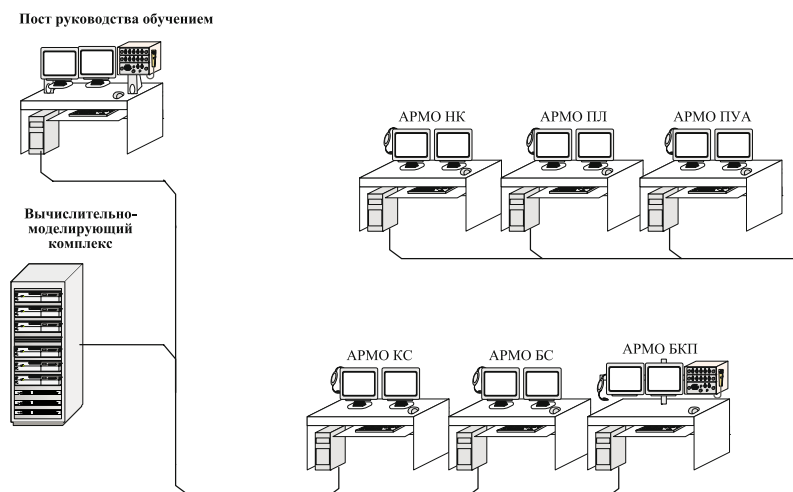


Рис. 6. Тактический модуль тренажерного комплекса «Сандал»

В состав тактического модуля входят автоматизированные рабочие места обучающихся (АРМО) командиров соединения (АРМО КС), надводного корабля (АРМО НК), подводной лодки (АРМО ПЛ), пульта управления авиацией (АРМО ПУА), береговых средств (АРМО БС) и берегового командного пункта (АРМО БКП). Пост руководства обучением и вычислительно-моделирующий комплекс являются общим для всего тренажерного комплекса «Сандал». Каждое рабочее место обучающегося представлено в виде ПЭВМ с двумя экранными формами промышленного производства с типовыми органами управления (клавиатура и «мышь»). На одном экране расположен индикатор

полагаются в центре планшета. Второй монитор содержит органы управления оружием, техническими средствами и маневрами корабля. Кроме того, на нем отображаются результаты решения ряда задач. АРМО НК и АРМО ПЛ, в принципе, позволяют решать задачи, аналогичные БИУС НК и ПЛ: информационные задачи, задачи тактического маневрирования и применения оружия.

Тактический модуль имеет имитатор связи как в микрофонном режиме, так и в форме обмена телеграммами.

Автоматизированное рабочее место руководителя обучения (АРМ РО) позволяет задавать требуемую конфигурацию АРМО. Например, могут быть сформированы группа из двух-трех ПЛ;

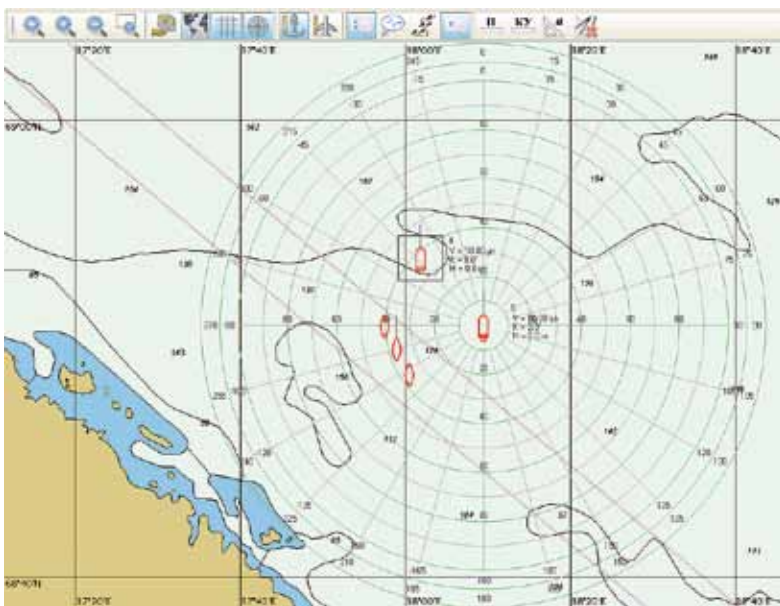


Рис. 7. Вид индикатора тактической обстановки

корабельная поисково-ударная группа (КПУГ) или разведывательная поисково-ударная группа (РПУГ) в составе двух-трех надводных кораблей и вертолетов; корабельно-ударная группа (КУГ) однородного и разнородного состава. Число тактических единиц ограничено числом АРМО. С АРМО задается тактическая обстановка и выполняется подыгрыш за противника. Важным дидактическим качеством тактического модуля является возможность изменения масштаба времени и выполнение «скачка времени» в ходе проведения военной игры. Для разбора используются экран коллективного пользования и журнал записи хода игры. Это делает разбор более предметным и зрелищным.

Следует сказать, что тактический модуль позволяет реализовать главный дидактический принцип подготовки командиров сил ВМФ – аутентичность получаемой ими на тренажере информации реально возможной. Напомним, что каждое АРМО является моделью либо тактической единицы (АРМО НК, АРМО ПЛ), либо органа управления (АРМО КС, АРМО БКП, АРМО ПУА). То есть каждое АРМО заменяет собой корабельный боевой расчет (КБР) или расчет пункта управления, реализуя команды соответствующего командира посредством работы оператора АРМО. При этом на одной из экранов форм проявляются команды командира и доклады соответствующих номеров КБР в форме журнала. Доклады соответствуют принятым в ВМФ командным словам. Интерфейс АРМО обладает высокой наглядностью.

АРМО КС, помимо обычных управленческих задач, имеет в своем составе некоторые прогнозные задачи, обеспечивающие выполнение тактических расчетов при организации противолодочных

действий и организации ракетных ударов корабельной и разведывательной ударных групп (КУГ и РУГ). На ИТО АРМО КС отображаются зоны досягаемости ракетным оружием тактических единиц, что позволяет выполнять расчеты для построения боевого порядка. В пределах дальности действия средств освещения обстановки флагманского корабля обеспечивается контроль выполнения назначенного маневра. В составе АРМО КС имеется редактор планов, позволяющий сформировать тактическую обстановку на карте и вывести карту с тактической обстановкой на печать. К сожалению, редактор планов не может получить от других АРМО результаты предварительных расчетов (например, оценку гидроакустических условий) и прогнозных задач, что в значительной степени снижает его значимость.

Во время проведения тренировки или тактического учения в качестве оператора АРМО должен быть подготовленный специалист, исполняющий команды командира корабля. Работа КБР имитируется выдачей запрошенных командиром данных с определенной временной задержкой.

Программное обеспечение тактического модуля функционирует под управлением операционной системы Windows 7. Следовательно, все его АРМО, задаваемые им функции и решаемые задачи представлены в форме окон с панелями функциональных кнопок, аналогичных всем типовым программам Windows. Это позволяет легко ориентироваться в содержании решаемых задач, переходить из режима в режим, наглядно видеть результаты решения задач. Кроме того, такой подход обеспечивает быструю подготовку оператора АРМО ввиду массовости распространения системы Windows.

Тактический модуль выполнен по открытой схеме. Его база данных картографии, сил и средств ВМФ по решению руководителя подготовки может пополняться новыми объектами. Это позволяет расширить круг пользователей данного изделия.

Таким образом, тактический модуль тренажерного комплекса «Сандал» представляет, на наш взгляд, новый класс тренажерных средств, предназначенных для тактической подготовки командиров однородных и разнородных сил ВМФ. Его отличие от всех ранее разработанных подобных систем заключается в том, что командир тактической единицы абстрагируется от технических вопросов управления кораблем, летательным аппаратом, сосредотачивая свое внимание на тактической стороне своих действий, а командир соединения непосредственно реализует свой замысел в масштабе реального времени через средства управления тактическими единицами. Такой тренажер может стать необходимым дополнением к семейству имеющихся тренажеров в качестве основного средства тактической подготовки командиров кораблей, предпосредственной отработки сил перед тактическими учениями и выполнением боевых упражнений. В определенных условиях он может быть использован в качестве материальной базы для исследования.

3. МОДУЛЬ МОДЕЛИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ТРЕНАЖЕРА

Содержанием подготовки экипажа корабля в рамках тактико-специального тренажерного комплекса (ТСТК) должны являться этапы (фрагменты) его боевой деятельности. Применительно к подводной лодке (ПЛ) такими этапами могут быть:

- приготовление ПЛ к бою и походу;
- выход ПЛ из пункта базирования, переход морем и возвращение в пункт базирования;
- поиск (слежение, патрулирование) объектов противника;
- подготовка и применение главного оружия;
- преодоление ПЛ противодействия сил и средств противника;
- борьба за живучесть ПЛ.

Эти этапы и их содержание определяют номенклатуру моделей, которая в составе тренажерного комплекса должна обеспечить отработку экипажем корабля задач боевой подготовки в полном объеме.

Номенклатура моделей тренажерного комплекса должна содержать три основные составляющие, а именно: модель корабля; модель внешней среды; модель тренажерного комплекса в составе рабочего места руководителя обучения (РМРО).

Модель внешней среды содержит модель условий плавания, модель воздействия противника, модель тактического использования корабля.

Адекватность модели реальному объекту обусловлена ее разрешающей способностью, которая, в свою очередь, определяется наличием связей моделируемого объекта с другими корабельными объектами и внешней средой. Так, например, специализированный тренажер управления (СТУ) главной энергетической установкой (ГЭУ) корабля должны иметь помимо моделей самой ГЭУ и ее системы управления связи с моделями других функциональных комплексов (ЭЭС, ОКС, СУМ, БИУС, акустика, штурманское вооружение и т.п.), моделями агрегатированных объектов (компрессор, дизель, холодильная машина, испарительная установка и т.п.), моделями энергетических отсеков и отсеков смежных с ними и связь с рабочим местом руководителя обучения (модель тренажерного комплекса). Схема таких связей для модели ГЭУ показана на рис. 8.

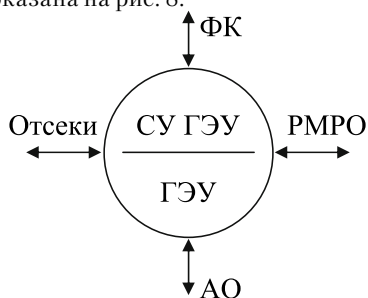
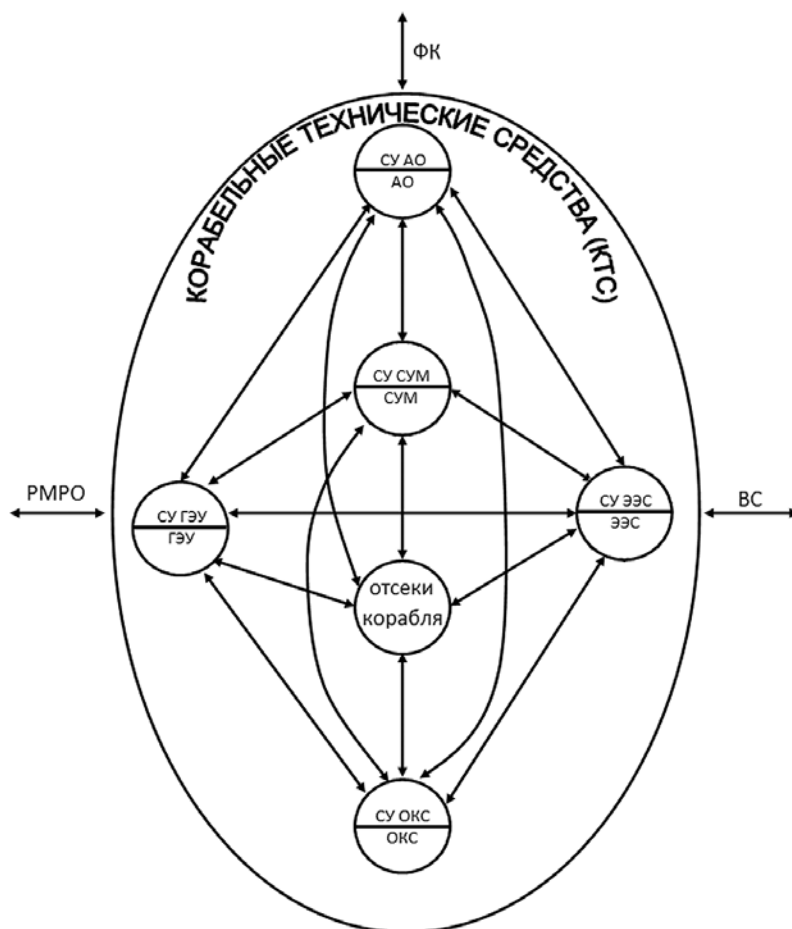


Схема связей для модели комплексного тренажера управления (КТУ) корабельными техническими средствами (КТС) показана на рис. 9.

Включение других функциональных комплексов, таких как БИУС, оружие и т.п. переводит комплексный тренажер в категорию ТСТК.



ОКС – общекорабельные системы; ЭЭС – электроэнергетическая система; ВС – внешняя среда

Перечисленные выше модули по принципу «матрешки» входят в общую модель боевой деятельности корабля. Положительным фактором модульного подхода является и то, что все модели функционируют в едином информационном пространстве.

В связи с широким внедрением в практику тренажеростроения новых информационных технологий появилась возможность отрабатывать на тренажерах интеллектуальные навыки, связанные с принятием решений в аварийных и нестандартных ситуациях.

Все это позволяет говорить о новом поколении тренажеров, магистральным направлением развития которых является их интеллектуализация. Увеличились функциональные возможности тренажеров.

Создание технических средств обучения – одно из приоритетных направлений деятельности ОАО «Концерн «НПО «Аврора».

1. Кобзев В.В., Шилов К.Ю. Методы создания технических средств обучения корабельных операторов. – СПб.: Наука, 2005.
2. Шилов К.Ю. Направления совершенствования тренажеров для подготовки операторов корабельных технических средств // Морская радиоэлектроника. – 2005. – №4.
3. Шилов К.Ю., Кобзев В.В. Интеллектуальные тренажеры корабельных операторов // Морской Вестник. – 2009. – №1.
4. Шилов К.Ю., Кобзев В.В. Контроль работы оператора в автоматизированных системах обучения // Морской Вестник. – 2011. – №2. ■

Федеральной целевой программой «Развитие гражданской морской техники на 2009–2016 годы» (далее – ФЦП «РГМТ»), утвержденной постановлением Правительства РФ от 21.02.2008 г. №103, перед специализированными предприятиями подотрасли приборостроения отечественной судостроительной промышленности поставлен значительный комплекс проблемных научно-технических и практических задач по созданию новых конкурентоспособных и импортозамещающих морской техники и технологий. Поэтому в объеме НИОКР ФЦП «РГМТ» работы в области судового приборостроения составляют более 11%.

Актуальность, значимость и существенное количество в составе ФЦП «РГМТ» работ в области морского приборостроения обосновывается тем, что технический уровень и эффективность приборной и радиоэлектронной техники в значительной степени определяют конкурентность конечной продукции судостроения – судов различного назначения, плавсредств и морских сооружений.

Достижение конкурентоспособности новой отечественной морской техники и обеспечение возможности замещения аналогичных импортных изделий – это принципиальные требования ФЦП «РГМТ», соответствующие Стратегии перспективного развития отечественной судостроительной промышленности и направлениям государственной инновационной политики.

Области необходимого участия предприятий приборостроения судостроительной промышленности в решении проблем морской деятельности в рамках ФЦП «РГМТ», требующие создания и совершенствования современной морской техники, представлены на рис. 1.

Основные программные мероприятия ФЦП «РГМТ» по созданию приборостроительного радиоэлектронного оборудования и автоматизированных систем для судов и других объектов морской техники гражданского назначения перечислены в таблице.

В настоящее время обозначились группы объектов гражданского судостроения, применительно к которым необходимы и должны разрабатываться новые технические и тех-

ОБ УЧАСТИИ ПРЕДПРИЯТИЙ ПОДОТРАСЛИ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ СУДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В СОЗДАНИИ НОВОЙ РОССИЙСКОЙ МОРСКОЙ ТЕХНИКИ ГРАЖДАНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Л.М. Клячко, д-р техн. наук, генеральный директор,
В.С. Жемойдо, канд. техн. наук, вед. научный сотрудник,
ОАО «ЦНИИ «Курс»,
контакт. тел. 8 (495) 365 1453

нологические решения при создании оборудования и систем морского приборостроения:

- морские транспортные суда (газовозы, танкеры, сухогрузы);
- промысловые суда рыбодобывающие и обрабатывающие;
- транспортные смешанного «река-море» плавания суда;
- ледокольные суда, в том числе атомные;
- служебно-вспомогательные суда (буксиры, спасательные);
- малотоннажные суда и катера различного назначения;
- плавучие и стационарные буровые установки;
- суда снабжения и обслуживания морской добычи на шельфе (трубоукладчики, нефтесборщики, кабелеукладчики);
- научно-исследовательские суда (морской геологоразведки, гидрографии, гидрометеорологии, океанологии);
- подводные аппараты (обитаемые и необитаемые, автономные и неавтономные) для обеспечения подводных и водолазных работ.

В ходе реализации программных мероприятий ФЦП «РГМТ» за трехлетний период до начала 2012 г. уже выполнено более 30 работ. В текущем году будет выполнено около 50 переходящих и новых научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) по созданию и совершенствованию оборудования, комплексов и технологий отечественной морской приборной техники в широком диапазоне специализации, в том числе: оборудования навигационного,



Основные программные мероприятия по созданию приборостроительного оборудования для судов и морских объектов гражданского назначения

№ п.п.	Программные мероприятия Федеральной целевой программы «Развитие гражданской морской техники» на 2009–2016 годы по технологическому направлению «Судовое приборостроение»	Шифры комплексов НИОКР, сроки выполнения
1	Технологии развития судовой навигационной техники для обеспечения безопасности мореплавания и информационного обеспечения судов	«Навигация-3» 2009–2011
2	Разработка перспективных технологий развития судовых навигационных систем и устройств нового поколения	«Навигация-4» 2012–2014
3	Создание нового поколения автоматизированных систем управления судами и морскими объектами и технологическими процессами объектов морской техники	«АСУ-ТП» 2011–2013
4	Разработка всеширотных автоматизированных систем управления движением морских судов и информационной поддержки судоводителя	«АСУ-движение» 2010–2013
5	Разработка автоматизированных систем управления движением судов класса «река-море» и информационной поддержки судоводителя	«АСУ-«река-море» 2009–2010
6	Разработка технологий создания автоматизированных систем диспетчеризации мониторинга обстановки для координированного управления морскими объектами в акваториях стационарных и плавучих платформ на шельфе Арктики	«Диспетчеризация» 2012–2014
7	Комплексирование использования судовых систем и радиоэлектронного оборудования, создание интегрированных мостиковых систем, обеспечение электромагнитной совместимости перспективных судов и морской техники, разработка интегрированных внутрисудовых систем связи и видеонаблюдения	«Совместимость» 2009–2011
8	Разработка и технологии развития гидроакустических систем освещения подводной обстановки, позиционирования подводных объектов, мониторинга дна и состояния трубопроводов, проведения водолазных работ	«Гидролокация-1» 2009–2011
9	Разработка технологий создания нового поколения гидроакустических систем различного назначения	«Гидролокация-2» 2012–2014
10	Технологии создания радиолокационных средств для обеспечения морской деятельности	«Дозор-1» 2009–2012
11	Разработка нового поколения средств радиосвязи, радарных систем информационного обеспечения, комплексов радиолокационно-оптического мониторинга	«Дозор-2» 2012–2016

гидроакустического, радиолокационного, связи, комплексной и локальной автоматизации, научной аппаратуры.

Все НИОКР в соответствии с требованиями российских законов выполняются на конкурсной основе, с участием государства в госбюджетном финансировании работ и долевым внебюджетным вкладом из собственных источников исполнителей работ.

При выполнении этапов наиболее значительных НИОКР разработаны:

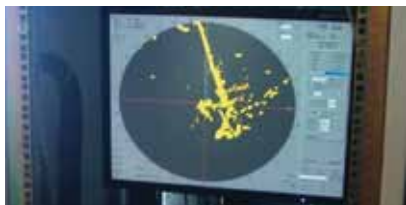
- базовые судовые навигационные интегрированные комплексы;
- оборудование судовождения и интегрированные мостиковые системы;
- ряд судовых навигационных радиолокационных станций;
- гидроакустическое оборудование освещения подводной обстановки и обеспечения подводно-технических работ;
- автоматизированные системы управления технологическими процессами и управления движением морских транспортных судов, рыбопромысловых и скоростных судов;
- оборудование радиосвязи и внутрисудовой связи;
- оборудование для мониторинга обстановки на морских акваториях;
- приборная техника для оснащения научно-исследовательских судов средствами разведки морских полезных ископаемых и биоресурсов;

- комплектующее оборудование для подводных аппаратов;
- типовая система автоматизированного управления динамическим позиционированием морских буровых установок;
- оборудование сбора и передачи информации об обстановке в акватории;
- приборы и системы мониторинга состояния подводных сооружений и газо- и нефтетрубопроводов;
- аппаратура контроля состояния экологии и защиты морской среды;
- системы наблюдения и защиты морских охраняемых зон от несанкционированного доступа к ним.

Ниже приведены примеры некоторых разработок.

Преобладающую часть НИОКР по технологическому направлению «Судовое приборостроение» ФЦП «РГМТ» выполняют предприятия специализированных концернов приборостроительной подотрасли судостроительной промышленности, в числе которых: ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электронприбор», ОАО «Концерн «НПО «Аврора», ОАО «Концерн «Океанприбор», ОАО «Концерн «Морское подводное оружие - Гидроприбор», ОАО «Концерн «Гранит-Электрон», ОАО «Концерн «Моринформсистема – Агат», ОАО «ЦНИИ «Курс», ОАО «Акустический институт им. Н.Н.Андреева».

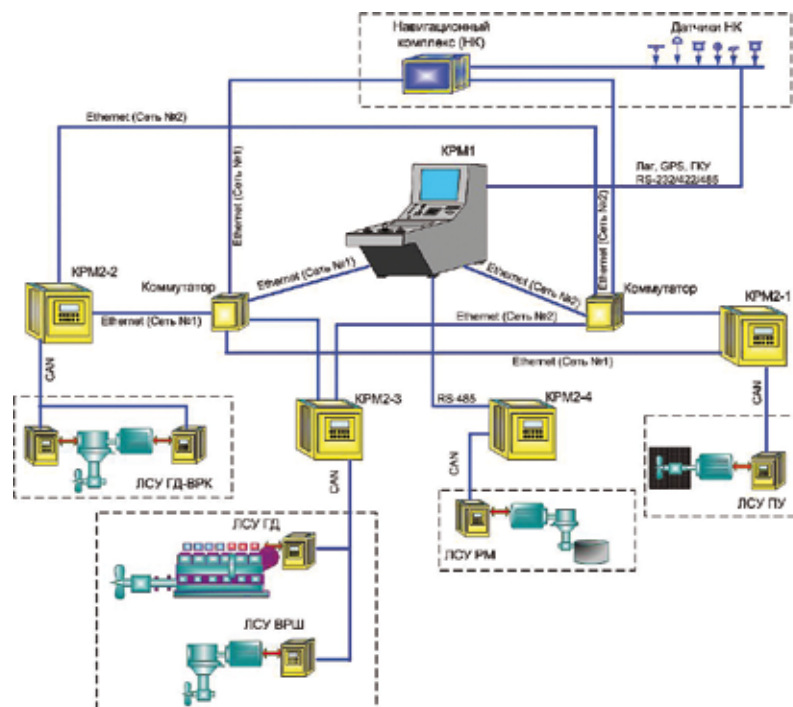
В реализации ФЦП «РГМТ» участвуют также другие предприятия, победившие в конкурсах на право заключения государственных контрактов.



Всеполосный сверхширокополосный радиолокационный комплекс



Система автоматического управления движением и позиционированием морских судов различного назначения



Автоматизированная система управления движением судов класса «река-море» и информационной поддержки судоводителя

Информация, документация и отдельные образцы по некоторым из выполненных работ были представлены на стендах в экспозиции Международного форума 2012 г. «Морская индустрия России». Проблемы реализации результатов работы за первые три года по ФЦП РГМТ были основной темой пленарного заседания форума, эта проблема затрагивалась и в ходе проведения ряда круглых столов.



По технологическому направлению «Судовое приборостроение» ФЦП «РГМТ», так же как и по всем другим программным направлениям, получен ряд практических результатов, которые уже можно предлагать для внедрения. Высокий технический уровень достигнутых результатов подтверждается многочисленными патентами, наградами самых престижных международных выставок.

Однако имеются препятствия на пути нормального процесса их внедрения:

1. Малое количество заказов на создание объектов гражданского судостроения, в том числе государственных заказов на проектирование и постройку ледоколов, научно-исследовательских судов, судов-спасателей, плавучих заводов переработки биоресурсов, судов охраны окружающей среды, в которых могут быть внедрены новые разработки морской приборостроительной техники. До последнего времени из общего количества судов, заказанных российскими судовладельцами, только чуть более 5% (по тоннажу) строились на российских верфях. И те, как правило, не по российским проектам. Таким образом, приборостроители (как, впрочем и все поставщики

судового комплектующего оборудования) находятся в еще более сложном с точки зрения вопросов продвижения своей продукции на рынок, чем судостроители, положении. Ясно, что в современных условиях возможности на поставку комплектующего оборудования появятся, когда будет обеспечено массовое строительство судов на отечественных верфях по российским проектам. На это должна быть направлена государственная промышленная политика.

2. Отсутствует механизм, определяющий порядок использования и передачи созданных с госбюджетным финансированием результатов интеллектуальной деятельности, права на которые принадлежат Российской Федерации. Постановлением Правительства РФ от 22.03.2012 № 233 «Об утверждении Правил осуществления государственными заказчиками управления правами Российской Федерации на результаты интеллектуальной деятельности гражданского, военного, специального и двойного назначения» определено, что распоряжение правами Российской Федерации на результаты интеллектуальной деятельности осуществляют государственные заказчики. Однако порядок такого «распоряжения правами» до сих пор не определен. Вследствие этого ограничивается даже информирование потенциальных потребителей-заказчиков предприятиями-разработчиками о созданной новой научной и промышленной продукции.

Надеемся на приоритетное устранение указанных препятствий компетентными правительственными организациями в интересах дальнейшего развития морской деятельности России и судостроительной промышленности.

Впереди предстоит еще пять лет настойчивого труда по выполнению НИОКР, решению научно-технических задач и созданию новой российской приборостроительной техники в рамках ФЦП «РГМТ».

При повышении внимания к укреплению инженерных и рабочих кадров эти задачи представляются выполнимыми, так как производственные предприятия и научные организации приборостроения судостроительной промышленности, несмотря на трудности состоявшегося перехода к рыночной экономике, еще сохранили научный и производственный потенциал, необходимый для реализации Федеральной целевой программы «Развитие гражданской морской техники» на 2009–2016 гг. ■

Практически ко всем автоматизированным системам одним из основных требований является отказоустойчивость. В настоящей статье будет рассмотрен один из путей достижения хорошей степени отказоустойчивости программного продукта на уровне средств операционной системы и аппаратного обеспечения.

Все приводимые ниже концепции в настоящий момент применяются в работе над Единой автоматизированной системой обработки геопространственной информации (ЕАСО ГПИ), разрабатываемой ЗАО «Транзас». Система прошла государственные испытания, полученные решения положены в основу создания береговых автоматизированных информационных систем и бортовых интегрированных систем управления корабля высокой функциональной надежности и доступности. Согласно результатам испытаний, в случае выхода из строя одного из серверов комплекса работоспособность восстанавливается не более чем за 30 секунд.

Далее будут рассмотрены компоненты архитектуры кластера в том порядке, в котором обычно происходит процесс проектирования. Этот порядок определяется здравым смыслом, поскольку аппаратное обеспечение подбирается под исполняемую задачу, а не наоборот.

РЕСУРС СИСТЕМЫ

Ресурс – это компонент программной подсистемы кластера, представляющий необходимые сервисы непосредственно пользователю и имеющий определенные внешние интерфейсы. В архитектуре отказоустойчивого кластера это понятие важнейшее. Примером ресурса могут выступить база данных, веб-сервер, а может и виртуальная машина с произвольными службами внутри.



Серверные шкафы ЕАСО ГПИ

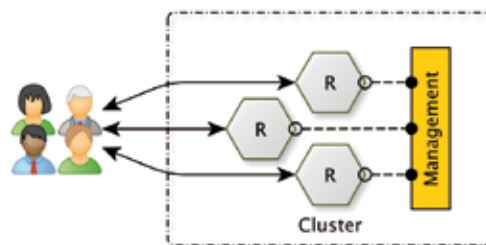
Интерфейс взаимодействия с ресурсом также должен быть определен и унифицирован, поскольку с его помощью решаются задачи управления: запуск; остановка; перезагрузка (в случае, когда требуется восстановить работоспособность); определение состояния.

В зависимости от того, что использовано в качестве ресурса в каждом конкретном случае, в значительной степени может меняться сложность обслуживания системы. К примеру, программный продукт может быть запущен в контексте виртуальной машины, выступающей в качестве ресурса кластера, что облегчает развертывание системы и резервное копирование, однако требует дополнительных затрат на конфигурацию среды виртуализации.

В рамках настоящей статьи в качестве ресурса будут выступать компоненты программной составляющей комплекса ЕАСО ГПИ в связке с соответствующими управляющими скриптами (стандарт LSB Init Script).

АРХИТЕКТУРА ОТКАЗОУСТОЙЧИВОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КЛАСТЕРНОГО ТИПА

*А.А. Лазарев, инженер-программист ЗАО «Транзас»,
контакт. тел. (812) 325 3131*



Ресурсы кластера

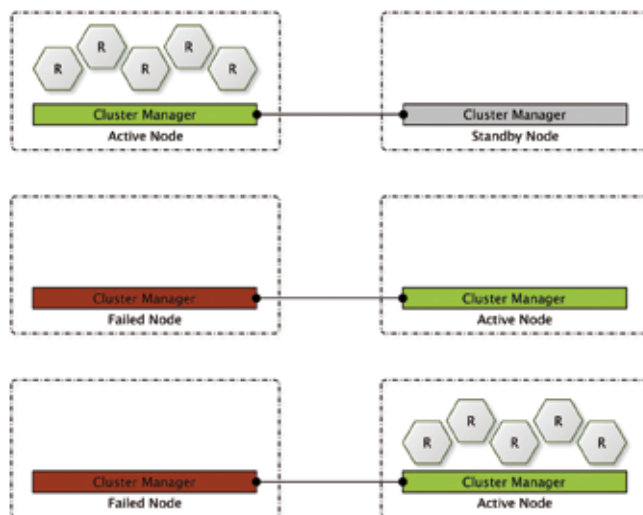
КЛАСТЕРНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Все существующие виды кластеров можно условно разделить на группы:

- кластер высокой доступности – имеет некий резерв аппаратных ресурсов, которые задействуются в случае отказа одного из узлов;
- кластер распределения нагрузки – обслуживает одновременные запросы, распределяя их между некоторым набором обработчиков;
- вычислительный кластер – узкоспециализированная система для выполнения конкретных математических расчетов, моделирования сложных физических процессов и подобных задач;
- кластер виртуализации – ферма специализированных вычислительных узлов, подключенных к единой производительной системе хранения, позволяющая выполнять одновременно большое число виртуальных машин.

Каждый из перечисленных видов кластеров характеризуется специализированным программным обеспечением (ПО), выполняющим служебные функции. Без этого ПО кластер остался бы разрозненным набором вычислительных узлов, хотя и объединенных в единую сеть.

Такое разделение на группы носит условный характер, поскольку различные виды часто пересекаются и комбинируются, если это соответствует поставленной перед кластером задаче.



Возобновление работы в случае отказа

Рассмотрим наиболее популярные на текущий момент менеджеры распределенных ресурсов.

1. Heartbeat – часть проекта Linux High Availability, предоставляет сервис отслеживания доступности узлов кластера и примитивный менеджер ресурсов. Сам по себе поддерживает только конфигурации из двух узлов, но в сочетании с внешним менеджером ресурсов, таким как Pacemaker, может использоваться и в больших системах.

2. Corosync – побочная ветвь Heartbeat с несколько отличной архитектурой. Используется, как правило, в сочетании с внешним менеджером ресурсов.

3. CMAN – пожалуй, самый мощный менеджер ресурсов кластера. Развивается как часть Red Hat Enterprise Linux. Имеется по умолчанию во всех дистрибутивах Linux, основанных на RHEL: AltLinux, CentOS, MCBC и многих других. Поддерживает иерархию ресурсов.

Для использования в проекте ЕАСО ГПИ выбран именно CMAN, поскольку он требуется для функционирования кластерной файловой системы GFS2. Разумеется, существует и альтернатива в виде OCFS, активно используемой Oracle в своих проектах, однако она применяется в дистрибутивах на основе SLES и требует установки дополнительного ПО.

Конфигурирование менеджера выполняется путем редактирования XML-файла /etc/cluster/cluster.conf. Приведем пример определения ресурсов кластера:

```
<service domain=»cluster1_failover» exclusive=»1»
name=»tomcat» recovery=»relocate»>
  <ip ref=»192.168.1.12»>
    <script file=»/etc/init.d/postgresql»
name=»postgresql»>
      <script file=»/usr/local/tomcat/bin/catalina.sh»
name=»tomcat6»>
        <script file=»/etc/init.d/httpd» name=»httpd»/>
      </script>
    </script>
  </ip>
</service>
```

Легко прослеживается иерархия или «вложенность» ресурсов. К примеру, база данных PostgreSQL не может быть запущена, пока данный узел не владеет определенным IP-адресом, к которому она привязывается. Все ресурсы объединяются в домен, для которого определяется политика размещения. В данном случае для него определено свойство «recovery» со значением «relocate», и это означает, что при возобновлении работы основного узла после сбоя ресурсы домена будут перемещены с резервного узла.

АППАРАТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

В качестве узлов кластера выступают сервера Supermicro следующей конфигурации:

Материнская плата	Supermicro X8DTL
Процессор.....	Intel Xeon E5620
Оперативная память.....	48 Gb 1066 MHz
Внутренний дисковый массив	LSI MegaRAID SAS 300 Gb

Каждый такой узел подключается к внешней системе хранения данных по оптическому каналу. Такое подключение почти фактически является стандартом, хотя возможно использование более дешевого iSCSI или даже высокопроизводительных сетей наподобие InfiniBand. Однако подключение по более производительным каналам сильно сказывается на стоимости конечного решения, так что настоятельно рекомендуется точнее оценивать требования выполняемых задач к пропускной способности системы хранения.

Требования к оперативной памяти определить непросто. Если отбросить частности, то, чем больше память, тем лучше в конечном итоге, поскольку всегда требуется дополнительный объем под кэширование часто используемых данных. Более того, при отказе нескольких узлов можно запустить на оставшихся больше ресурсов, чем в штатном режиме, но только если позволяет объем оперативной памяти.

Количество вычислителей определяется исключительно типом и количеством ресурсов, которые кластер должен будет поддерживать. Стоит еще раз отметить, что должен быть определенный резерв на случай отказа.

Каждый узел имеет собственную операционную систему. При проектировании кластера в зависимости от используемого ПО следует сразу решить вопрос, откуда будет загружаться каждый из узлов. Наиболее популярные ответы на него:

- внутренний массив дисков. Преимуществом данного метода является простота развертывания и эксплуатации системы. Однако имеются подводные камни: в случае отказа сервера замену потребует конфигурировать «с нуля»; возрастает стоимость каждого узла;
- сетевая загрузка. Для реализации подобной схемы потребуется некоторое сетевое устройство, примитивный сервер, сконфигурированный соответствующим образом. Недостатками этого подхода будут необходимость иметь резервный сервер сетевой загрузки и нетривиальность его настройки. Но вычислительные узлы становятся взаимозаменяемыми;
- загрузка с внешней системы хранения. Этот способ требует поддержки со стороны аппаратного обеспечения вычислительных узлов, но является, пожалуй, самым удобным. Оставив в стороне вопрос надежности системы хранения, любой вычислительный узел можно заменить на резервный (из ЗИПа) в случае сбоя.

Какой способ загрузки узлов выбрать, зависит от используемого аппаратного обеспечения, а также квалификации и предпочтений обслуживающего персонала. В данном случае используется внутренний массив дисков, но резервным вариантом остается внешняя система хранения.

Разумеется, все коммуникации и сети питания узлов и систем кластера должны иметь резерв. И в случае сбоя резерв должен быть задействован незамедлительно, незаметно для остальных систем. Не стоит забывать также о системах мониторинга и информирования о проблемах, поскольку их отсутствие равнозначно делает наличие резерва бесполезным.

В заключение хотелось бы выделить некоторые особенности, замеченные при испытаниях системы:

1. Надежность кластера сильно зависит от надежности внешней системы хранения. Разумеется, последняя имеет собственные механизмы дублирования информации и резервные контроллеры, но при выходе ее из строя все меры отказоустойчивости кластера становятся бесполезными.
2. Время реакции системы составляет порядка 30 секунд, в течение которых определяется отказ и восстанавливается работоспособность. Разумеется, все временные рамки настраиваются, но совсем избавиться от периода простоя в данном случае нельзя.

3. Дополнительные сложности в поддержке системы при эксплуатации. Квалификация обслуживающего персонала должна соответствовать сложности системы.

Решение об использовании отказоустойчивого кластера должно приниматься с учетом как преимуществ такой системы, так и недостатков. В любом случае подобная архитектура позволяет добиться определенных гарантий работоспособности там, где они требуются. ■

Безопасность корабельных ядерных энергетических установок (КЯЭУ), особенно ядерная и радиационная, — одно из наиболее важных свойств установки. Поэтому в настоящее время делаются значительные усилия по ее обеспечению как на стадиях проектирования и строительства, так и на стадиях эксплуатации и утилизации. В частности, на стадии проектирования выполняется значительный объем работ по техническому обоснованию безопасности (ТОБ) КЯЭУ, а сам отчет о ТОБ состоит из нескольких томов. Важное место в этом отчете занимают вероятностный анализ аварийных ситуаций и анализ радиационного риска. Благодаря этим работам в проекты современных кораблей внесены существенные изменения, позволяющие повысить уровень безопасности КЯЭУ.

Однако, на наш взгляд, в обеспечении и обосновании безопасности КЯЭУ еще существуют существенные недоработки. К ним можно отнести:

- отсутствие в НТД Минобороны России (ВМФ) целевых ориентиров по вероятностным показателям безопасности (ВПБ) КЯЭУ;

- отставание методической базы исследований Минобороны России (ВМФ) от аналогичной базы, используемой при обеспечении и обосновании безопасности атомных электростанций (АЭС);

- недостаточное использование программ для ПЭВМ при выполнении вероятностных расчетов.

Проектируемые, строящиеся и эксплуатируемые АЭС должны соответствовать очень жестким международным нормам: ежегодная вероятность тяжелого повреждения активной зоны ядерного реактора (ЯР) не должна превышать величины 1×10^{-5} на один реактор; вероятность выхода радиоактивных веществ (РВ) за пределы герметичной оболочки — 1×10^{-7} ; радиационное воздействие АЭС на население и окружающую среду не должно превышать ~ 1 % дозы, получаемой от источников естественной радиации.

Прямое распространение на КЯЭУ норм для АЭС не представляется возможным. Обеспечение соответствия принципу единичного отказа в настоящее время является уже недостаточным, если вообще можно говорить о применимости данного принципа к корабельной установке, используемой по назначению не только в мирное, но и в военное время.

Наряду с отсутствием целевых критериев, определенное отставание от гражданских коллег имеет место и при выполнении вероятностных анализов аварийных ситуаций. Эти анализы не достигают того уровня, той глубины, ко-

СОВРЕМЕННЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ВЕРОЯТНОСТНЫЙ АНАЛИЗ БЕЗОПАСНОСТИ КОРАБЕЛЬНЫХ ЯДЕРНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Г.А. Еришов, д-р техн. наук, проф., гл. инженер проекта, ОАО «СПб АЭП»,
А.И. Калинин, канд. техн. наук, гл. науч. сотрудник 1 ЦНИИ МО РФ,
С.А. Петров, д-р техн. наук, проф., вед. науч. сотрудник 1 ЦНИИ МО РФ,
Н.Я. Щербина, канд. техн. наук, доцент, ст. науч. сотрудник ВМПИ,
контакт. тел. (812) 380 4180, 494 0151

торые присущи вероятностному анализу безопасности (ВАБ) АЭС.

Назначение ВАБ АЭС — это оценка уровня безопасности АЭС в вероятностных количественных показателях (вероятность повреждения активной зоны реактора, вероятность предельного аварийного выброса и т.п.) и подтверждение их соответствия вышеназванным международным требованиям по безопасности. В настоящее время ВАБ АЭС выполняется в несколько этапов:

ВАБ-1 — ВАБ АЭС, содержанием которого является разработка вероятностной модели блока АЭС для определения финальных состояний с повреждением источников радиоактивности и оценки значений вероятностей их реализации;

ВАБ-2 — ВАБ АЭС, содержанием которого является разработка вероятностной модели блока АЭС для определения распределения аварийных выбросов и последствий аварий.

ВАБ-3 подразумевает анализ распространения выбрасываемых за пределы герметичной оболочки РВ, оценку создаваемых при этом доз облучения, расчет комплексных показателей безопасности, включая оценку риска от АЭС.

ВАБ (рис. 1) выполняется для всех эксплуатационных состояний станции, в том числе и для состояний с останов-

ленным реактором, для всех видов внутренних и внешних воздействий (инициирующих событий — ИС).

На каждом этапе ВАБ имеет место комплексное использование вероятностного и детерминированного подходов. Например, при выполнении ВАБ-1 для работы блока на мощности и внутренних ИС аварий (отказы оборудования, ошибки персонала и т.п.) вероятности реализации конечных состояний (КС) с нарушением условий и пределов безопасной эксплуатации рассчитываются на основании вероятностных методов. Уровни же ущерба при переходе энергоблока в каждое из КС определяются детерминированными методами. С помощью этих методов (нейтронно-физических и теплогидравлических расчетов) определяются критерии успеха систем безопасности, параметры аварий и т.д.

Для разработки вероятностных моделей ВАБ АЭС, как известно, используется метод деревьев событий — деревьев отказов (ДС—ДО) [1–2]. В значительно упрощенном виде вероятностная модель ВАБ может быть представлена в виде, изображенном на рис. 2. Здесь представлено одно ДС, начинающееся с какого-то инициирующего события (это может быть течь 1-го контура, потеря электропитания, взрыв на объекте и т.д.), к заголовкам которого (ДС) под-

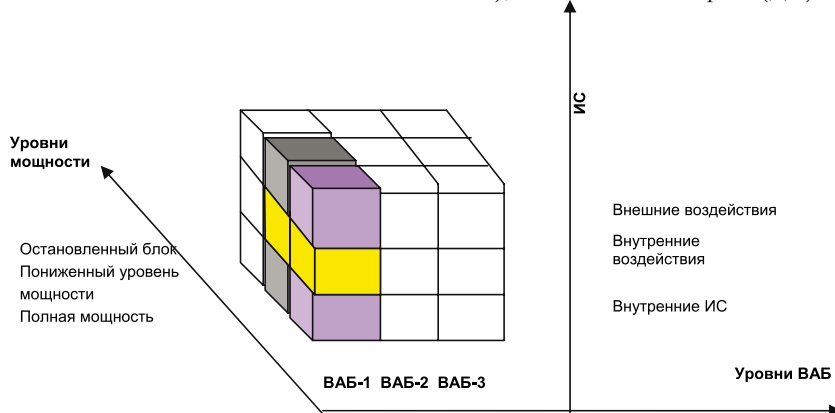


Рис. 1. Разновидности ВАБ АЭС

ключены деревья отказов систем АЭС, ошибочных действий персонала и т.п. Реальные модели ВАБ, естественно, намного сложнее. Так, модель ВАБ-1 для работы на мощности АЭС «Бушер» (Иран) состоит из 84 деревьев событий, 984 деревьев отказов, 2678 логических операторов, 3399 базовых событий, 73 функциональных события, 205 групп ООП.

Несмотря на широкое распространение данного метода, он обладает рядом существенных недостатков, а ПК, созданные на его основе, имеют ряд ограничений [1, 12, 14]. Вместе с тем в России существует собственная научная школа, созданная такими учеными, как Б.В. Гнеденко, И.А. Ушаков, И.А. Рябинин, А.М. Половко, А.И. Клемин, А.С. Можаяев, их соратниками и учениками, представителями других научных школ бывшего СССР. Этими учеными разработано и внедрено математическое, алгоритмическое и программное обеспечение для автоматизированного моделирования и расчета показателей надежности, живучести, безопасности

(НЖБ) ЯЭУ и опасных производственных объектов, имеющее ряд существенных преимуществ по сравнению с зарубежными аналогами.

Взаимосвязь понятий надежность–живучесть–безопасность отображена на рис. 3 [3].

Из этого рисунка следует, что свойство надежности проявляется при возникновении отказов, вызванных *естественными* причинами в условиях *нормальной* эксплуатации. Свойство живучести проявляется при появлении отказов, вызванных *экстраординарными* воздействиями. Свойство же безопасности должно проявляться *всегда*: и при наличии обычных отказов технических средств, и при экстраординарных воздействиях, и при отсутствии отказов. Можно сказать, что безопасная ЯЭУ – это одновременно и надежная, и живучая ЯЭУ. Обратное же верно не всегда. Если вернуться к рис. 1, то мы увидим, что безопасность АЭС фактически трактуется аналогичным образом.

Выполнение ВАБ КЯЭУ связано с решением ряда проблем и учетом от-

личий корабельной установки от стационарной.

Если оставить в стороне извечную для всех исследователей проблему получения достоверных *исходных данных*, то при проведении ВАБ КЯЭУ необходимо решать следующие проблемы:

1. Построение динамических (наиболее соответствующих реалиям и потребностям практики) моделей НЖБ ЯЭУ, состоящих из сотен и тысяч элементов (проблема размерности).

2. Автоматизация и формализация процессов моделирования и расчета (проблема достоверности получаемых результатов и способ решения проблемы размерности).

3. Моделирование процессов функционирования и организационных отношений между подсистемами и элементами ЯЭУ (проблема адекватности моделей).

4. Определение множеств работоспособных состояний ЯЭУ, учет многорежимности и многофункциональности ее систем и элементов, широты диапазона внешних условий применения по назначению (проблема адекватности и достоверности).

5. Моделирование условий воздействия поражающих факторов на ЯЭУ (проблемы адекватности, достоверности и размерности).

6. Моделирование процессов восстановления отказавших технических средств и действий обслуживающего персонала (проблемы размерности, исходных данных, достоверности).

7. Оценка стойкости подсистем и элементов ЯЭУ к неблагоприятным воздействиям – НВ (проблема исходных данных).

Специалисты в данной предметной области без труда могут продолжить список вышеуказанных проблем.

Можно утверждать, что наиболее остро стоит проблема *размерности*, а все остальные проблемы в определенной степени сводятся к ней. Корабельные ЯЭУ содержат десятки систем и тысячи единиц оборудования. Это приводит к тому, что математические модели НЖБ, построенные в соответствии с потребностями практики (когда в качестве элемента модели выступает отдельный клапан, участок трубопровода, элемент сигнальных или силовых кабельных трасс и т.п.), становятся нерасчетными.

Одним из путей их решения является использование возможностей современной вычислительной техники и того огромнейшего научно-теоретического материала, который накоплен в России и, в частности, в научных и учебных организациях ВМФ.

При разработке любой модели необходимо решать задачу подбора математического аппарата, позволяющего

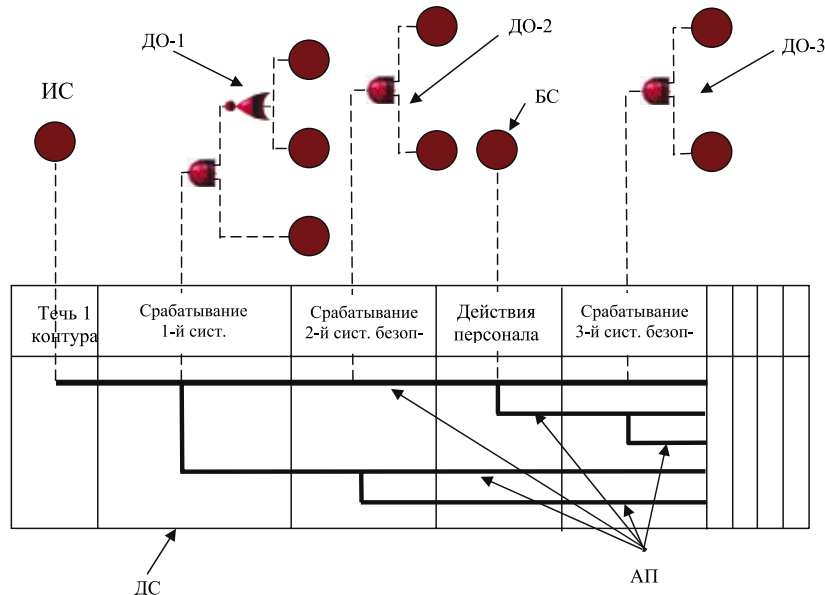


Рис. 2. Графическая модель безопасности АЭС, разрабатываемая в ходе ВАБ ИС – иницирующее событие; ДО-1, ДО-2, ДО-3 – деревья отказов, моделирующие работу систем безопасности; БС – базисное событие, связанное с действиями персонала; АП – аварийные последовательности ДС)

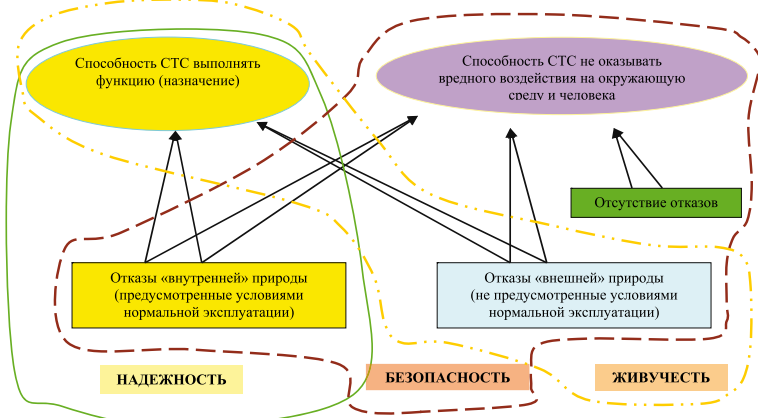


Рис. 3. Соотношение свойств надежности, живучести, безопасности КЯЭУ

отобразить все особенности проявления свойств системы. В нашем случае выбор в известной степени предопределен характером используемых количественных характеристик НЖБ. Поскольку большинство из них носит вероятностный характер, абсолютно естественным шагом при построении модели НЖБ КЯЭУ является выбор хорошо апробированных вероятностных или логико-вероятностных методов.

Современное определение вероятности формулируется следующим образом [4]: числовая функция P , определенная на σ -алгебре событий A , называется вероятностью, если выполнены следующие аксиомы:

A1. Аксиома неотрицательности: $P(A) \geq 0, \forall A \in \mathcal{A}$. (Здесь A – любое подмножество пространства элементарных событий Ω).

A2. Аксиома нормированности: $P(\Omega) = 1$.

A3. Расширенная аксиома аддитивности: если $\{A_i\}$ – последовательность случайных событий такая, что $A_i \cap A_j = \emptyset$ ($i \neq j$), то $P(\bigcup_{i=1}^{\infty} A_i) = \sum_{i=1}^{\infty} P(A_i)$.

Тройка $(\Omega, \mathcal{A}, P)$, где Ω – произвольное множество, $\mathcal{A}$ – σ -алгебра подмножеств Ω , $P(A)$ – вероятность, определенная на $\mathcal{A}$ и удовлетворяющая перечисленным выше аксиомам, называется *вероятностным пространством*.

Таким образом, для построения вероятностной модели НЖБ ЯЭУ необходимо задать вероятностное пространство, т.е. указать пространство элементарных событий Ω , σ -алгебру $\mathcal{A}$ случайных событий и определить вероятностную меру $P(A)$ на $\mathcal{A}$.

Класс F подмножеств множества Ω называется алгеброй событий, если:

1) $\Omega \in F$ (Ω – достоверное событие; оно происходит какое бы элементарное событие ни произошло);

2) из того, что $A \in F$, следует $\bar{A} \in F$, где $\bar{A} = \Omega \setminus A$;

3) из того, что $A \in F, B \in F$, следует, что $A \cup B \in F, A \cap B \in F, A \setminus B \in F$.

Нетрудно видеть, что алгебра событий, определенная вышеназванным образом, является кольцом с единицей [5], так как в ней определены две операции (сложения и умножения), не выводящие из F , и $\Omega \in F, \Omega F = F\Omega = F$ для любого $A \in F$.

Алгебра событий F называется σ -алгеброй (борелевской алгеброй, σ -кольцом, борелевским полем событий) $\mathcal{A}$, если:

1) $\Omega \in \mathcal{A}$;

2) из того, что $A \in \mathcal{A}$, следует $\bar{A} \in \mathcal{A}$;

3) из того, что $A_i \in \mathcal{A}$ ($i = 1, 2, \dots$), следует, что $\bigcup_{i=1}^{\infty} A_i \in \mathcal{A}$;

4) из того, что $A_i \in \mathcal{A}$ ($i = 1, 2, \dots$), следует, что $\bigcap_{i=1}^{\infty} A_i \in \mathcal{A}$.

Из приведенных выше определений вытекает, что алгебра событий есть класс множеств, замкнутый относительно конечного числа операций дополнения, объединения и пересечения, а σ -алгебра событий есть класс множеств, замкнутый относительно счетного числа этих операций.

Известно, что когда речь идет о вероятности, рассматривают алгебру событий, когда же речь идет о логике, используют, как известно, алгебру высказываний. С математической точки зрения это весьма близкие понятия.

Одно из наиболее четких и строгих изложений основ единого «исчисления», которое, смотря по обстоятельствам, служит то «исчислением высказываний», то «исчислением событий», дается в работе [5]. Там показано, что σ -алгебра событий $\mathcal{A}$ относится к особому классу булевых алгебр – нормированным алгебрам, т.е. к булевым алгебрам, на которых определена некоторая мера, в данном случае вероятностная.

Тесная связь аппарата формальной логики и аппарата теории вероятностей позволили разработать так называемые логико-вероятностные методы моделирования и расчета НЖБ сложных технических систем (СТС). Одним из основоположников этих методов является

И.А. Рябинин [6, 8]. Эти методы обладают рядом существенных преимуществ перед чисто вероятностными методами и поэтому получили наибольшее распространение в практике анализа НЖБ СТС.

Анализ известных вероятностных и логико-вероятностных методов показывает, что разработка модели НЖБ ЯЭУ связана с выполнением следующих этапов исследования (рис. 4):

При этом на каждом этапе исследования могут использоваться свои методы. Так, на рис. 5 представлена классификация наиболее часто употребляемых методов построения графической модели, а на рис. 6 – методов представления логической модели.

Для реализации этого подхода на практике рядом отечественных и зарубежных исследователей в 80-х гг. прошлого века была разработана технология автоматизированного моделирования и расчета показателей НЖБ СТС. Наиболее четко принципы автоматизации процесса моделирования НЖБ изложены в трудах А.С. Можаяева [10, 11 и др.]. Совокупность этапов моделирования и расчета показателей НЖБ ЯЭУ при использовании этой технологии можно представить в виде рис. 7.

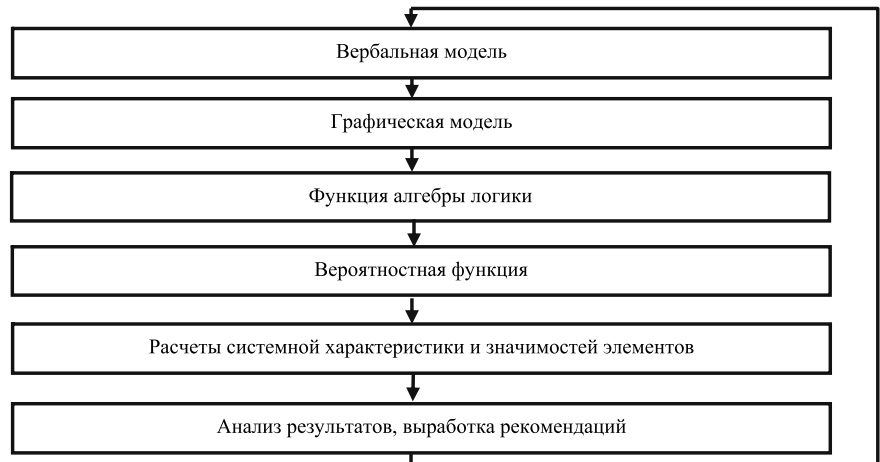


Рис. 4. Этапы разработки математической модели НЖБ КЯЭУ

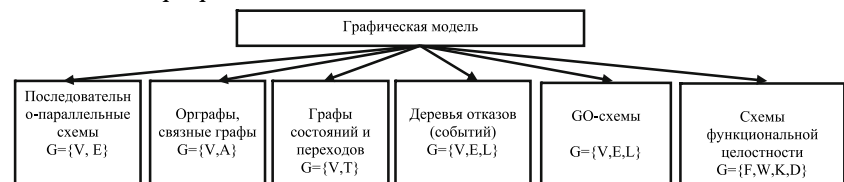


Рис. 5. Классификация методов графического моделирования

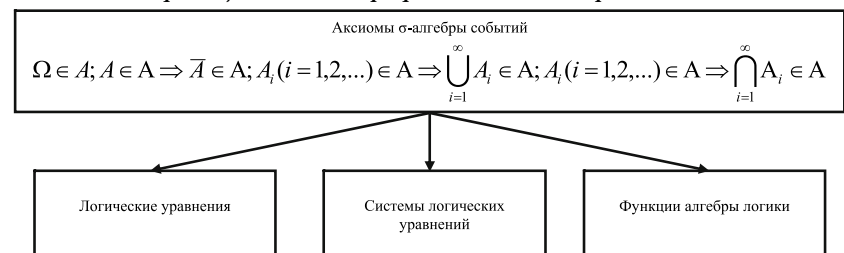


Рис. 6. Классификация методов представления логической модели

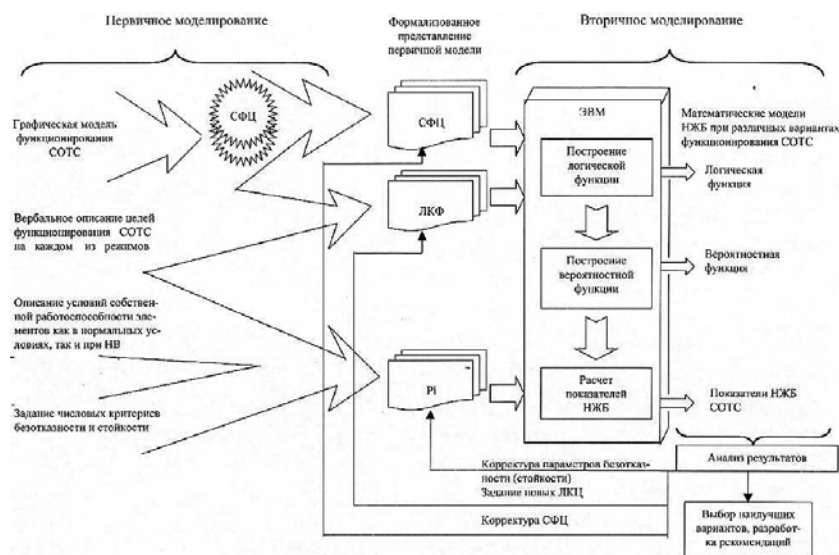


Рис. 7. Технология автоматизированного структурно-логического моделирования (АСМ) и расчета показателей НЖБ ЯЭУ

Как следует из этого рисунка, при реализации рассматриваемых принципов процесс моделирования разбивается на две части – первичное (ручное) моделирование и вторичное (автоматизированное) моделирование. Первый этап выполняется с использованием аппарата теории графов *человеком-исследователем*, а второй – ПЭВМ, с использованием аппарата математической логики, теории вероятностей и др. Такой подход обеспечивает простоту постановки и исходной формализации задачи исследования, что существенно повышает его эффективность. Данная технология реализована в ПК «АРБИТР», разработанном в ОАО «СПИК СЗМА» под руководством А.С. Можая [11].

Выполненные нами исследования показывают, что при моделировании НЖБ КЯЭУ необходимо совместное использование аппарата разных разделов математики – теории графов, алгебры логики, теории вероятностей, теории матриц и т.п.; моделей КЯЭУ, моделей ее элементов и моделей внешних воздействий; моделей вероятностных и детерминированных, аналитических и имитационных. Установлено, что наибольший эффект от такого подхода обеспечивается при разбиении единой модели на отдельные модули (рис. 8), каждый из которых строится с помощью своего математического аппарата. Взаимосвязь отдельных модулей осуществляется с помощью специальной модели взаимодействия. Таким образом, модель, например, безопасности становится комбинированной – аналитико-имитационной, вероятностно-детерминированной. Данная технология реализована в ПК БАРС, разработанном в ОАО «СПбАЭП» под руководством Г.А. Ершова [9–12].

Предлагаемая нами технология является развитием подхода, предложен-

ного А.С. Можая, но отличается от него рядом существенных дополнений. В частности, мы предлагаем строить графическую модель НЖБ ЯЭУ в два этапа. На первом разрабатывается схема функциональной целостности (СФЦ) ЯЭУ [7, 8], отражающая закономерности ее функционирования и организационные отношения между ее элементами.

Схему функциональной целостности можно определить как граф вида

$$G = (F, V, K, D), \quad (1)$$

где F – множество функциональных вершин; V – множество фиктивных вершин; K – множество всех 2-элементных подмножеств декартова квадрата объединения множеств A и V , элементы которых связаны конъюнктивными условиями взаимного обеспечения (конъюнктивных дуг); D – множество всех двухэлементных подмножеств (возможно – семейств) декартова квадрата объединения множеств A и V , элементы которых связаны дизъюнктивными условиями взаимного обеспечения (дизъюнктивных дуг).

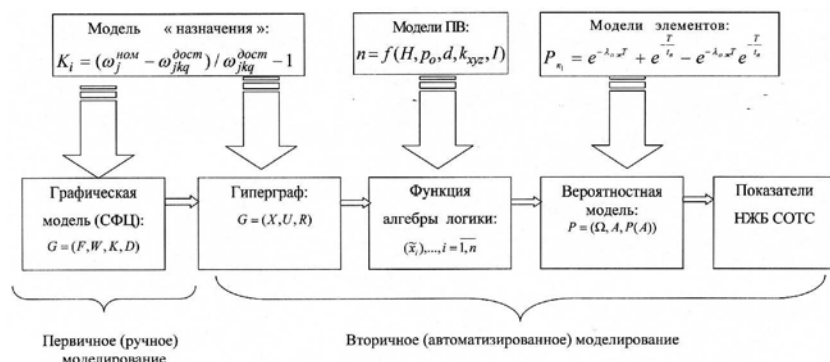


Рис. 8. Технология автоматизированного построения комбинированной аналитико-имитационной, вероятностно-детерминированной модели НЖБ ЯЭУ

СФЦ представляет собой разновидность графов связности и обладает рядом преимуществ по сравнению с ними:

во-первых, СФЦ ориентирована на успех. В этом смысле ближайшим ее аналогом являются ГО-схемы. С помощью СФЦ описывается (изображается) нормальный режим (режимы) функционирования установки, как правило, подробно описанные в проекте и технической документации на систему. Это существенно снижает вероятность ошибки при построении графа, так как почти не оставляет места для «произвола». Исследователь вынужден отображать только то, что записано в инструкции по эксплуатации или другом нормативно-техническом документе;

во-вторых, при построении СФЦ используется всего пять графических элементов: большие и малые вершины, конъюнктивные и дизъюнктивные ребра, знак инверсного выхода. Несмотря на малое количество графических элементов, они позволяют в полной мере обеспечить все потребности алгебры логики, отобразить на графе все базисные логические операции. В этом их преимущество перед ГО-схемами и перед аналогичными способами графического моделирования.

Естественно, что СФЦ строится на экране ПЭВМ с помощью особого графического редактора, обеспечивающего автоматическую кодировку графа и преобразование его в «машинный» вид. Этот этап моделирования является единственным, который автоматизирован не полностью. Все остальные этапы выполняются ПЭВМ автоматически.

В разрабатываемой в настоящее время версии ПК БАРС реализована уникальная функция, позволяющая строить графическую модель НЖБ КЯЭУ не только в виде СФЦ, но и в виде дерева отказов (ДО). Причем СФЦ и ДО свободно конвертируются друг в друга, а логические функции, получаемые на их основе, идентич-

ны. Это позволяет значительно расширить круг пользователей ПК БАРС, поскольку не требует переучивания на другой графический аппарат.

Как уже указывалось, КЯЭУ состоят из нескольких десятков систем и тысяч элементов, поэтому СФЦ, как правило, получаются весьма громоздкими, а расчеты по таким СФЦ требуют мощных ЭВМ и значительного времени. В связи с этим на втором этапе исходная СФЦ преобразуется в *гиперграф*.

В математической постановке этот этап состоит в переходе от СФЦ, представленной в виде (1), к гиперграфу **H**, представленному в виде пары множеств $X = \{X_i, i \in I\}$, $U = \{U_j, j \in J\}$ вместе с двухместным предикатом $R \Leftrightarrow R(x, u)$, определенным при всех $x \in X$, $u \in U$. Элементы $x \in X$ называются вершинами, элементы $u \in U$ – ребрами, а предикат R – инцидентом гиперграфа **H**:

$$v \in V, u \in U, (v_1, v_2, \dots, v_n) \in U, U \subset V^n, \\ V^n = V_1 * V_2 * \dots * V_n, R \Leftrightarrow (V, U). \quad (2)$$

Преобразование СФЦ в гиперграф выполняется в автоматическом режиме и позволяет практически решить проблему размерности, поскольку обеспечивает автоматическую декомпозицию исследуемой системы на подсистемы.

Логическая и вероятностная модели, расчеты характеристик НЖБ выполняются автоматически с помощью ПЭВМ. В основе программ для ПЭВМ лежат довольно сложные специализированные алгоритмы, реализующие вышеприведенные аксиомы алгебры логики и теории вероятностей. Необходимо подчеркнуть, что по одной и той же графической модели могут быть получены разные логические и вероятностные модели, построенные по заданным исследователем логическим критериям успешного (неуспешного) функционирования (ЛКФ), причем как в виде множества кратчайших путей успешного функционирования (КПУФ), так и в виде множества минимальных сечений отказов (МСО), а также в виде смешанных форм логических функций. При задании ЛКФ обеспечивается учет безусловного нахождения отдельных элементов и подсистем в отказовом состоянии, причем в любых комбинациях.

Метод обеспечивает переход от логической функции к вероятностной с сохранением правильности (целостности) аксиом как алгебры логики, так и теории вероятностей, причем данная задача решена и для монотонных, и для немонотонных функций. В результате мы получаем точный вероятностный многочлен в ортогональной дизъюнктивной нормальной форме, что позволяет избежать ненужных допущений и значительно повысить точность расчетов.

Наличие вероятностной модели позволяет рассчитать как общесистемные вероятностные характеристики – вероятность безотказного функционирования, условный закон живучести, вероятность повреждения активной зоны ядерного реактора и т.п., так и показатели относительной важности элементов системы – вес, значимость, положительный и отрицательный вклад, аналоги важности элементов по Веселы–Фасселу, Барлоу–Прошану и т.п. Это, естественно, облегчает анализ значимостей, чувствительностей, неопределенностей результатов расчета.

Как известно, многие образцы корабельной техники, в том числе и оборудование КЯЭУ, в настоящее время находятся на завершающем этапе эксплуатации. Этот факт необходимо учитывать при оценке НЖБ установок, в состав которых входит такое оборудование. На этапе старения экспоненциальный закон надежности «не работает», а ведь именно он используется в подавляющем большинстве ПК, предназначенных для расчета НЖБ СТС. Следовательно, расчет показателей НЖБ с помощью таких ПК неизбежно будет приводить к завышению уровня этих показателей и влечет принятие ошибочных (неправильных) решений по обеспечению требуемого флота уровня НЖБ. Для исключения этого фактора в ПК БАРС предусмотрено использование нескольких законов распределения, помимо экспоненциального: нормального, Вейбулла–Гнеденко, логнормального, Рэлея, бета и гамма.

При моделировании процессов воздействия на КЯЭУ различных поражающих факторов мы используем сочетание имитационных и логико-вероятностных процедур. Так, например, при моделировании затопления помещений подводной лодки количество поступающей заборной воды и уровень в помещении, величина крена и дифферента вычисляются с помощью хорошо известных физических зависимостей. Перечень вышедших из строя элементов определяется детерминированными методами. Преобразование исходной логической функции в промежуточные, каждая из которых соответствует определенному этапу развития аварийной ситуации, производится с помощью аппарата алгебры логики, а затем в действие вступает аппарат теории вероятностей.

В ПК «БАРС» предусмотрен учет наличия периодических проверок и восстановлений работоспособности оборудования КЯЭУ [11]. О расчете

НЖБ КЯЭУ с учетом отказов по общей причине подробно рассказано в [12].

В заключение отметим, что указанные в статье недостатки при выполнении анализа и обосновании безопасности КЯЭУ известны специалистам ВМФ и промышленности. С целью их устранения специалистами РНЦ «Курчатовский институт», ОАО «ОКБМ Африкантов» и ФГУ «1 ЦНИИ Минобороны России» выполнен первый этап НИР «Заочник», в процессе которой разработано необходимое для производства ВАБ КЯЭУ методическое обеспечение. На следующем этапе НИР предусмотрены выбор и доработка ПК для ВАБ, которым предполагается оснастить все заинтересованные организации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хенли Э.Д., Кумamoto Н. Надежность технических систем и оценка риска. – М.: Машиностроение, 1984.
2. Швыряев Ю.В. и др. Вероятностный анализ безопасности атомных станций. Методика выполнения. – М.: ИАЭ им. И.В. Курчатова, 1992.
3. Гусев Л.Б., Ершов Г.А. Методология, теория и практика моделирования и расчета надежности, живучести, безопасности сложных организационно-технических систем // Морские технологии. – 1998. – № 1.
4. Боровков А.А. Теория вероятностей. – М.: Наука (Гл. ред. физ.-мат. лит.-ры), 1986. – 432 с.
5. Владимиров Д.А. Булевы алгебры. – М.: Наука, 1969. – 320 с.
6. Рябишин И.А., Черкесов Г.Н. Логико-вероятностные методы исследования надежности структурно-сложных систем. – М.: Радио и связь, 1981. – 264 с.
7. Можжев А.С. Общий логико-вероятностный метод анализа надежности сложных систем. – Л.: Изд.ВМА, 1988.
8. Рябишин И.А., Можжев А.С., Свириш С.К., Поленин В.И. Технология автоматизированного моделирования структурно-сложных систем // Морская радиоэлектроника. – 2007. – № 3. С. 58–63; № 4. С. 54–59; 2008. – № 1. С. 60–63; № 2. С. 52–55.
9. Ершов Г.А., Калинин А.И., Петров С.А., Соколовский М.И. Методология и практика вероятностного анализа безопасности корабельных ядерных энергетических установок на основе современных компьютерных технологий // Морская радиоэлектроника. – 2009. – №2(28), С. 46–53.
10. Ершов Г.А., Ермакович Ю.Л., Козлов М.А., Парфентьев М.А. Программный комплекс БАРС для вероятностного анализа безопасности АЭС // Тяжелое машиностроение. – 2008. – № 1, С. 2–5.
11. Ершов Г.А., Ермакович Ю.Л., Калинин А.А., Калинин А.И., Козлов М.А., Парфентьев М.А.. Обоснование периодичности проверок систем безопасности АЭС с помощью программного комплекса БАРС // Атомная энергия. – 2010. – Т. 109. – Вып. 2. – С. 67–71.
12. Петров С.А., Ершов Г.А., Калинин А.И., Калинин А.А. Учет отказов по общей причине при оценке надежности и безопасности корабельной техники // Морская радиоэлектроника. – 2008. – № 2. – С. 56–62. ■

В современной практике гидрографических работ широкое применение нашли многолучевые эхолоты, позволяющие проводить площадную съемку рельефа дна с высокой достоверностью получаемых данных. Математическое и специальное программное обеспечение в совокупности с мощной вычислительной аппаратурой обеспечивают высокоточную обработку данных и представление результатов промера практически в реальном режиме времени.

Одним из основных направлений деятельности ЗАО «Морские навигационные системы» («МНС») является поставка и установка на суда различных ведомств гидрографического оборудования и прежде всего комплексов многолучевых эхолотов, а также донных профилографов, измерителей скорости звука в воде и навигационных гидроакустических систем.

Многолучевые эхолоты. Давний партнер ЗАО «МНС» – датская фирма «Reson», выпускающая линейку многолучевых эхолотов и гидролокаторов (рис. 1). ЗАО «МНС», будучи основным поставщиком эхолотов этой фирмы на российском рынке, выполняет функции системного интегратора при установке этих эхолотов на суда.

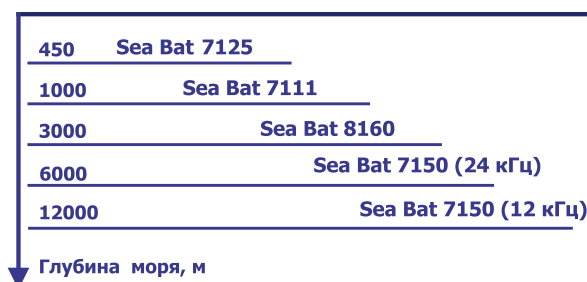


Рис. 1. Линейка многолучевых эхолотов фирмы «Reson»

Многолучевые эхолоты обеспечивают батиметрическую съемку и получение трехмерной модели морского дна и объектов, расположенных на нем во всем диапазоне глубин Мирового океана. Эта линейка включает в себя четыре основные модели: «Sea Bat 7125»; «Sea Bat 7111»; «Sea Bat 8160» (в настоящее время планируется переход к модели «Sea Bat 7160») и «Sea Bat 7150».

Каждая из моделей, как правило, может иметь несколько вариантов исполнения, различающихся по рабочим частотам, антенным модулям и монтажным комплектам для различных заказов.

Многолучевые эхолоты типа «Sea Bat» позволяют вести гидрографическую съемку в соответствии со стандартом ИНО S 44.5 Международной гидрографической организации. К основным характеристикам многолучевых эхолотов (МЛЭ) можно отнести следующие:

- рабочая частота;
- дальность по центральному лучу;

КОМПЛЕКСЫ МНОГОЛУЧЕВЫХ ЭХОЛОТОВ

Р.А.Андреюк, зам. директора департамента – начальник отдела
ЗАО «Морские навигационные системы»,
контакт. тел. +7 921 946 6419

- угловая ширина диаграммы направленности;
- количество лучей;
- разрешение по дальности.

Основные характеристики МЛЭ приведены в таблице.

- наличие и подключение специализированных прецизионных датчиков для обеспечения работы МЛЭ в особых условиях;
- формирование пульта оператора, размещение электронных блоков МЛЭ;

Таблица

Основные характеристики МЛЭ

Характеристика	МЛЭ			
	7125	7111	8160	7150
Акустическая частота, кГц	200/ 400	100	50	12/ 24
Дальность, м	175/ 450	От 5 до 1000	10-3000	От 100 до 6000/12000
Ширина луча поперечно, град.	1/0.5	1.5, 3.0, 4.5, 6.0	1.5	От 0.5 до 2
Ширина луча продольно, град.	2/ 1	1.9	1.5, 3.0, 4.5, 6.0	От 1 до 2
Число лучей	256/ 512	101, 201, 301	126	855
Частота акустических посылок, Гц	до 50	до 35	до 15	до 15
Ширина сектора, град.	140/ 165	150	150	150
Разрешение по глубине определения дна (статистическое), мм	6	12,5 - 30	14-86	Нет данных

- защиту аппаратуры МЛЭ от внешних климатических и вибрационных воздействий;

- размещение антенн МЛЭ стационарно в комплектном обтекателе или на съемной штанге.

Важным фактором является и то, что КБ-проектантам, судостроительным предприятиям, экипажам судов привычнее и понятнее работать с конструкторской и эксплуатационной документацией, выполненной в соответствии с отечественными требованиями, а при проведении монтажа, пусконаладочных и приемо-сдаточных испытаний соблюдение отечественных требований к документации и формулярам изделий имеет принципиальное значение.

Комплексный подход. Полученный практический опыт по созданию сложных систем для проведения гидрографических исследований Мирового океана позволил ЗАО «МНС» сформировать общий подход к созданию комплексов МЛЭ и единый алгоритм построения такого комплекса. В состав комплекса, как правило, входят:

- многолучевой эхолот;
- гирогоризонткомпас;
- комплект вспомогательного оборудования;
- эксплуатационная документация.

Проектирование комплекса осуществляется в несколько этапов:

- выбор модели (одной или нескольких) МЛЭ, который составит основу

комплекса и будет наиболее полно отвечать требованиям заказчика;

- изучение навигационного оборудования, систем электропитания судна, на котором будет размещаться комплекс, выбор возможных мест размещения антенн;

- формирование комплекта вспомогательного оборудования (КВО), своего рода оболочки, обеспечивающей функционирование МЛЭ на данном судне и его обмен данными с навигационными приборами судна с последующей передачей операторам. При необходимости в состав КВО включают навигационные приборы и средства, вплоть до инерциальной навигационной системы, если имеющиеся в наличии навигационные средства судна не обеспечивают координатно-временную привязку данных МЛЭ с необходимой точностью;

- формирование комплекса многолучевого эхолота.

Комплексный подход ЗАО «МНС» к проектированию и установке данных изделий на суда предполагает также участие специалистов в монтаже, пусконаладке и сдаче продукции заказчику, в том числе и на выходе в море, обеспечение расширенных гарантий и обучение персонала заказчика эксплуатации МЛЭ. Комплекс многолучевого эхолота создается в соответствии с традиционными для России требованиями проектантов и строителей, включая разработку конструкторской документации и обеспечения устойчивости к внешним воздействиям.

За несколько предыдущих лет фирма ЗАО «МНС» поставила и интегрировала в судовое оборудование несколько комплексов МЛЭ на базе изделий типа «Sea Bat». Работы были организованы по заказам ведущих предприятий-проектировщиков по следующим этапам: опытно-конструкторская работа; привязка к судну; комплексная поставка.

Хорошо налаженные межкорпоративные связи между ЗАО «МНС» и компанией «Reson» позволяют не просто формировать комплект поставки, а вводить изменения в конструкцию серийно выпускаемых эхолотов с учетом специфики судна, на котором размещается эхолот. Примерами таких изменений могут служить эхолот «Sea Bat 7150 ВМ», антенны которого были доработаны для размещения на подводном аппарате и сохраняют работоспособность при погружении на рабочие глубины.

В качестве основных примеров комплексов МЛЭ, изготовленных или изготавливаемых в настоящее время можно привести следующие:

1. Комплекс на базе МЛЭ «Sea Bat 7150 ВМ» – модификация для подводного аппарата с глубиной погружения до 400 м. Многолучевой эхолот установ-

лен, сдан заказчику и проходит опытную эксплуатацию.

2. Комплект оборудования на базе «Sea Bat 8160», который установлен на научно-исследовательском судне «Селигер» и на момент написания статьи проходит испытания.

3. Комплекс гидрографического оборудования (КГО) на базе «Sea Bat 7125» и инерциальной навигационной системы (ИНС) «Applanix» для стационарной установки на большом гидрографическом катере пр. 19920 (завод «Вымпел»), готовится к испытаниям.

4. Комплекс гидрографического оборудования (КГО) на базе «Sea Bat 7125» и инерциальной навигационной системы (ИНС) «Applanix» в мобильном варианте с универсальным монтажным комплектом для использования с малых плавсредств.

5. Комплекс навигационного, гидрографического и гидроакустического оборудования «КНГГО-Ф» на базе МЛЭ «Sea Bat 7150 В» и «Sea Bat 7111» для научно-исследовательского судна «Янтарь», при этом в состав комплекса входит также крупногабаритный обтекатель для размещения антенн МЛЭ «Sea Bat 7150» и «Sea Bat 7111».

Также ряд комплексов МЛЭ в настоящее время находится в стадии проектирования.

Размещение МЛЭ и его подключение к судовым средствам обеспечивается с помощью комплекта вспомогательного оборудования, который решает следующие задачи:

- обеспечение МЛЭ электропитанием требуемого номинала от судовых сетей с функциями преобразования и защиты питания, обеспечение его бесперебойности;

- информационно-техническое сопряжение с навигационными приборами, как правило, с навигационной аппаратурой потребителей спутниковой навигационной системы (НАП СНС);

- при необходимости выдачу некоторых параметров, вырабатываемых МЛЭ в судовые системы (например, глубина по центральному лучу, скорость звука в морской воде);

- выработку навигационных и динамических параметров (курс, крен, дифферент, вертикальное перемещение) с высокой частотой;

- конструктивное размещение и защиту бортового оборудования от механических воздействий;

- формирование рабочего места оператора (пульт или настольные мониторы судового исполнения).

Комплект вспомогательного оборудования (КВО) разрабатывается и изготавливается ЗАО «МНС» в соответствии с техническим заданием на опытно-конструкторские работы или по

техническим требованиям на привязку. Как правило, в состав КВО включаются:

- агрегаты электропитания с функциями автоматического переключения между основной и резервной сетями и защиты по электропитанию, приборы распределения питания, которые в целом образуют систему электропитания;
- гирогоризонткомпас типа Octans (ГТК);

- вычислительные средства – специализированные ЭВМ (СПЭВМ), преобразователи интерфейсов (ПИ), коммутаторы локальной вычислительной сети (КЛВС) и др.

- сетевые накопители данных, включая сменный комплект жестких магнитных дисков (СНД);

- высокоточные измерители глубины погружения (при размещении комплекса МЛЭ на подводных аппаратах (ИГП);

- измерители профиля скорости звука (при размещении КМЛЭ на гидрографических судах) (ИПСЗ);

- устройства документирования – как правило, цветной принтер формата от А4 до А0.

Важным является метрологическое обеспечение эксплуатации КМЛЭ, для чего в состав КВО или ЗИП-О могут быть включены запасные измерители скорости звука и глубины погружения, которые проходят периодическую поверку и готовы к замене в период докования судна, оборудованного КМЛЭ.

Особое внимание при установке на судно следует уделять точности установки антенн МЛЭ относительно строительных осей, а также точности определения отстояний между приемной антенной и центром величины судна, гиросприбором и антенной НАП СНС. Ошибки в установке антенны и определении отстояний непосредственно влияют на качество и точность съемки морского дна.

Типовая структурная схема комплекса многолучевого эхолота, состоящего из собственно МЛЭ и КВО, показана на рис. 2.

Особенности применения. Главное назначение многолучевого эхолота – получение в реальном времени трехмерного изображения морского дна и объектов, расположенных на нем, получение батиметрической информации. При этом МЛЭ реализуют два режима: режим МЛЭ и режим гидролокатора бокового обзора (ГБО).

Оба режима работают одновременно, и оператор может наблюдать и цифровую модель морского дна, и изображение ГБО, что позволяет дополнительно использовать МЛЭ в качестве поискового средства в режиме реального времени. Для применения МЛЭ используются два комплекта программного обеспечения:

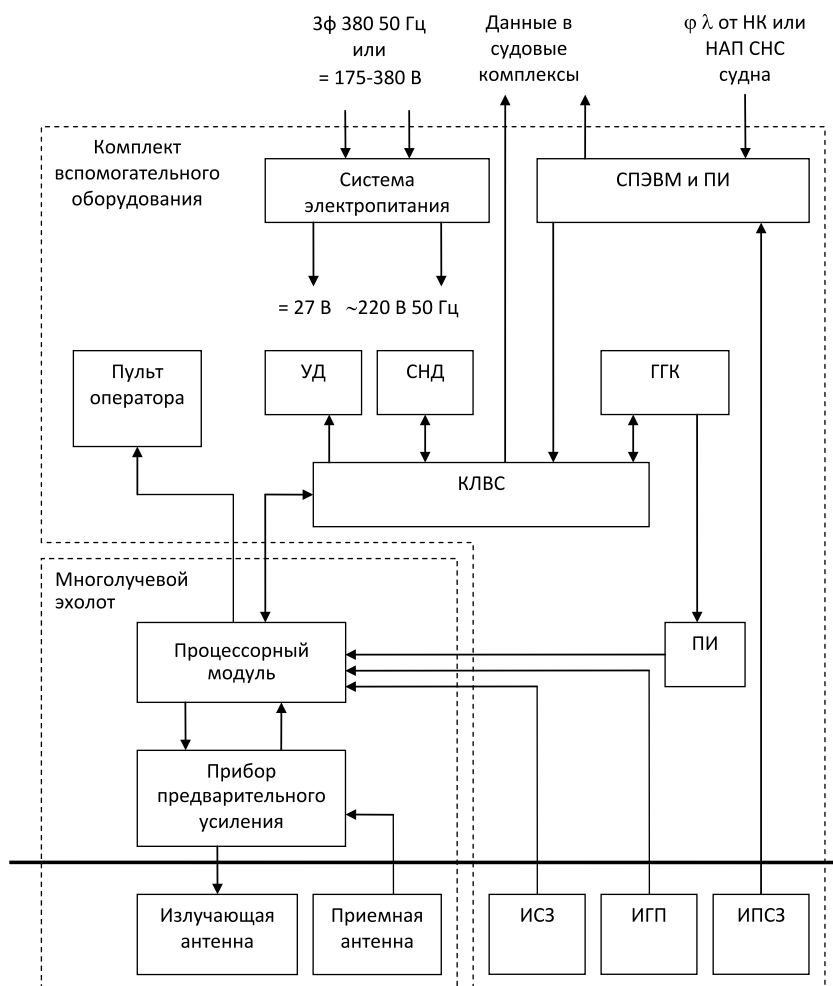


Рис. 2. Типовая структурная схема комплекса многолучевого эхолота

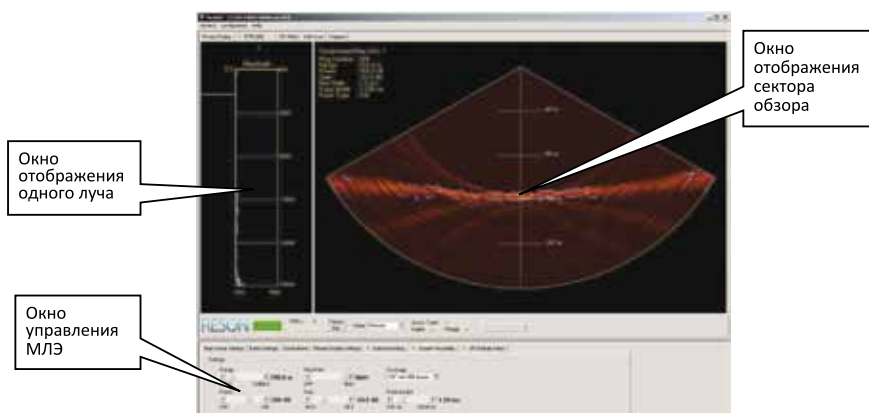


Рис. 3. Диалоговый интерфейс программы «7KCenter»

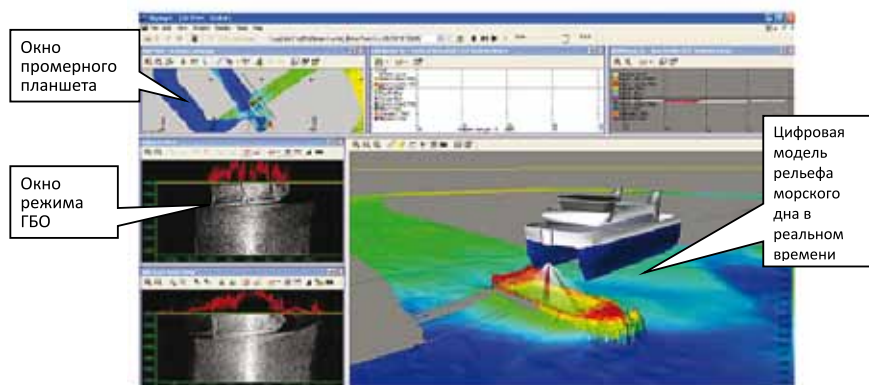


Рис. 4. Диалоговый интерфейс ЭГИС «PDS-2000»

– программу управления МЛЭ «7KCenter»;

– электронную гидрографическую информационную систему (ЭГИС) «PDS-2000».

Программа «7KCenter» является неотъемлемой частью МЛЭ и служит для управления его работой по дальности, частоте, усилению сигнала, обнаружению и диагностике неисправностей, а также индикации первичной информации. В диалоговом интерфейсе программы можно наблюдать срез морского дна в текущий момент времени, вид режима гидролокатора бокового обзора (рис. 3).

Программа «PDS-2000» предназначена для обработки информации о морском дне как в ходе промера (on-line), так и в режиме постобработки. В настоящее время программу «PDS-2000» ЗАО «МНС» передало в Центральное картографическое производство ВМФ.

Программное обеспечение «PDS-2000», поставляемое совместно с МЛЭ, позволяет решать следующие задачи:

- подготовка к проведению гидрографических и поисковых работ, подготовка планшета маневрирования;
- выполнение промера по намеченному плану и документирование полученных данных;
- выполнение гидрографической съемки или исследование морского дна и объектов, расположенных на нем, с обеспечением 100% изученности подводного рельефа
- наблюдение за результатами промера в режиме реального времени;
- постобработка, подготовка различных представлений результатов промера и обследования;
- распечатка результатов на бумажных носителях.
- картопостроение.

Диалоговое окно программы представлено на рис. 4.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ЗАО «Морские навигационные системы» – многопрофильная производственная организация. В статье кратко освещено только одно направление ее деятельности, обеспечивающее гидрографические исследования, а именно, разработку, изготовление, поставку и установку на суда комплексов многолучевых эхолотов. Отдельного внимания заслуживают вопросы применения донных профилографов, измерителей скорости звука фирмы «Reson», прочего навигационно-гидрографического и гидроакустического оборудования. Опыт решения этих задач позволяет нам предлагать заказчику весь спектр услуг, от поставки оборудования до сдачи в эксплуатацию. ■



WWW.AMDESIGN.CO.TH



ALBATROSS
MARINE DESIGN

Albatross Marine Design Co., Ltd Rattakit Building
29/13 M9 Sukhumvit Rd., Nongprue, Banglamung, Chonburi
20150 THAILAND
P: +66 (0)38416881 F: +66 (0)38416882
www.amdesign.co.th info@amdesign.co.th

Albatross Marine Design – это крупнейшее «катерно-яхтенное» КБ Азиатско-Тихоокеанского региона, специализирующееся на судах прогулочного, коммерческого и специального назначения. Мы осуществляем полный цикл проектирования малых и высокоскоростных судов из композитных материалов и алюминия, от первых дизайнерских эскизов, до компьютерного раскрытия корпуса и спецификаций оборудования. На сегодняшний день, нами реализовано около 60 проектов судов длиной от 3 до 30м, построенных и эксплуатирующихся в странах Азии, Европы, Африки, Австралии и Океании. Накоплен большой опыт создания судов катамаранного типа, составляющих около 50% от общего количества разрабатываемых нами проектов. Оригинальные и инновационные подходы, проводимые нами исследования и опыт работы в различных регионах мира позволяют нам создавать проекты современных и эффективных судов по самым высоким стандартам.

Certified by



Members of



Возросшие угрозы безопасности, конкуренция на рынке транспортных услуг и набирающий популярность отдых на воде обусловили необходимость создания эффективных специальных, коммерческих и прогулочных высокоскоростных судов (ВСС) как класса транспортных средств, способных выполнять свои функции во всем многообразии эксплуатационных условий.

В России ставится задача возрождения скоростных перевозок водным транспортом [16], что требует совершенствования подходов к проектированию и эксплуатации таких судов с учетом современного мирового опыта. К сожалению, например, судовладельцы таких малых ВСС, как бюджетные «водные такси», не всегда в должной мере учитывают факторы комфорта и



ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ УСКОРЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ МАЛЫХ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ СУДОВ

А.Г. Назаров, канд. техн. наук, MRINA, MSNAME,
директор КБ «Albatross Marine Design», Таиланд,
контакт. тел. +66 38 416 881; an@amdesign.co.th

безопасности, что может приводить к неудачам бизнес-проектов перевозок.

Движение судна небольших размеров на высоких скоростях по взволнованной поверхности моря связано с появлением значительных ускорений,



оказывающих негативное влияние на людей, оборудование и конструкции судна. Налицо сходство ВСС (т.е. судов, движущихся со скоростями более $3,7V^{0.1667}$ м/с, где V – водоизмещение, м³) с воздушным и автомобильным транспортом, что требуют применения новых подходов к оценке безопасности судов (рис. 1). Важность вопроса подтверждается введением соответствующих стандартов и исследовательскими программами [1,13]. Вероятность дискомфорта и травм увеличивается с уменьшением размеров судов; например, в ВМС США уровень травматизма на малых катерах в 6 раз превышает таковой на других типах судов [13]. Таким образом, обеспечение комфорта и безопасности по

Рис. 1. Высокоскоростные суда по проектам AMD: ^
а – прогулочный катамаран пр. АТ620С при движении на волнении;
б – специальный катер-RIB пр. NS680 во время выполнения поворота

ускорениям на ВСС при их проектировании и эксплуатации представляет собой важную инженерную задачу. В статье рассмотрены суда с длиной корпуса $L_H \leq 30$ м, движущиеся в переходном и глиссирующем режиме, но некоторые положения могут быть распространены на суда большей длины.

Основной интерес для ВСС представляют линейные ускорения, разделяемые по направлению действия:

- на продольные a_x – возникающие при торможении и разгоне, движении на волнении, а также в аварийной ситуации – при столкновении с другим судном или объектом;
- на поперечные a_y – возникающие при повороте судна на высокой скорости, и при столкновении;
- на вертикальные a_z – характерные для движения судна на волнении.

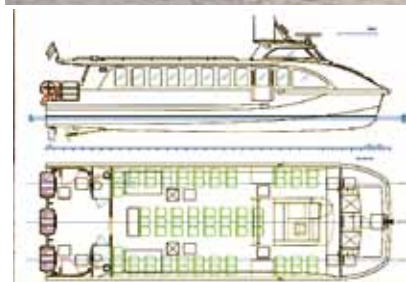


Рис. 2. **Высокоскоростной пассажирский катамаран PM1800 (пр. AMD)**
Общее расположение пассажирского салона соответствует требованиям HSC Code [2] для уровня ускорений 2

При проектировании и эксплуатации ВСС задача заключается в обеспечении комфортного уровня эксплуатационных ускорений и безопасного уровня ускорений в экстремальных и аварийных режимах (рис. 2).

ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ УСКОРЕНИЯ ПРИ СТОЛКНОВЕНИИ

Ускорения, действующие при столкновении судна с другим судном или объектом, для судов коммерческого и специального назначения принято оценивать в соответствии с требованиями HSC Code [2] расчетным методом; величина продольного ускорения a_{coll} является функцией скорости судна, его главных размеров, материала корпуса и конструктивных особенностей. Предусмотрено два уровня продольных ускорений при столкновении (для направления в нос судна):

- 1 – расчетные ускорения $a_{coll} < 3g$;
- 2 – расчетные ускорения $a_{coll} > 3g$, но не должно приниматься более $12g$.

Как правило, все малые ($L_H \leq 24$ м) ВСС со скоростями движения более 15 уз относятся к уровню 2; суда $L_H \leq 15$ м и $v_s \geq 25$ уз гарантированно имеют $a_{coll} = 12g$.

Уровень ускорений определяет ограничения по планировке судна, необходимость применения и ориентации специальных кресел, ремней и т.д. и таким образом влияет на возможные проектно-компоновочные решения судна. Задаются площадь носовой повреждаемой зоны главной палубы (как минимум 4% от ее общей площади), в которой запрещается размещение пассажиров и экипажа. Поперечные ускорения при столкновении, а также продольные ускорения направлением в корму судна принимаются как наименьшее из a_{coll} и $2g$ [2].

Для прогулочных судов нормирование ускорений при столкновении не применяется, хотя данная проблема представляется весьма актуальной – согласно статистике, на столкновения приходится 60% аварий всех судов и случаев травм [10]. Ряд экспериментальных исследований выполнен [5] с использованием манекенов, применяемых для краш-тестов в автомобильной промышленности. Подчеркивается, что при столкновении малых ВСС люди на судне, подвергнувшись удару, значительно больше рискуют получить травмы, чем на судне, совершавшем удар; замеренные ускорения составляли $8g$ и $5g$ соответственно. Риск повреждений головы, шейного отдела позвоночника и конечностей мал в первой стадии столкновения (непосредственно удар судов), но очень значителен во второй стадии (при инерционном движении тела человека, падениях и возможных ударах о судовые конструкции). Необходимо заметить, что травматизм на прогулочных судах в два-три раза ниже, чем на автомобильном транспорте, в пересчете на 100,000 ед. плавсредств и автомобилей [5].

ПРОДОЛЬНЫЕ УСКОРЕНИЯ ПРИ РАЗГОНЕ И ТОРМОЖЕНИИ

При разгоне судна наличие ускорения вызывает рост мгновенного сопротивления движению R_u за счет инерционной составляющей:

$$R_u = R + (M + m_x) \frac{dv}{dt},$$

где R – буксировочное сопротивление судна в «квазистатической» постановке; R_u – сопротивление при движении с ускорением, м/с; M – масса судна, кг; m_x – присоединенная масса корпуса с выступающими частями при продольном поступательном движении; $dv/dt = a_x$ – горизонтальное ускорение судна при разгоне, м/с².

Значения присоединенной массы m_x в присутствии свободной поверхности зависят не только от геометрии объекта, но также от ускорения, и могут составлять до 10–20% массы судна M ; нагляд-

но это показано автором в опытах по разгону моделей судов в бассейне [7].

Достижимый диапазон ускорений при разгоне ВСС определяется превышением располагаемой тяги движителей над потребной в районе «горба сопротивления», а также инерционностью элементов пропульсивного комплекса и систем управления. Поэтому, как правило, для глиссирующих судов и судов переходного режима наибольшее ускорение возникает в начальный момент разгона («страгивание»). Исходя из анализа результатов испытаний ВСС длиной $L < 30$ м, относительное продольное ускорение при разгоне может быть оценено как

$$a_x/g = (200 \dots 400)/M,$$

где M – масса судна, кг.

Величина в числителе характеризует располагаемый запас мощности; более «приемистым» пропульсивным комплексам соответствуют большие значения. В общем случае ускорение определяется выражением

$$a_x/g = \frac{\Delta T}{kMg},$$

где ΔT – запас по тяге в режиме близком к «горбу сопротивления», Н; k – коэффициент присоединенных масс, $k = 1,1 \dots 1,2$.

Принимая запас по тяге 15–20% и типовое значение сопротивления в районе «горба» $0,15 Mg$, можно получить $a_x/g = 0,02 \dots 0,03$, что характерно для относительно тяжелых ВСС, движущихся в переходном режиме и в начале режима глиссирования. Для глиссирующих судов меньшего размера и обладающих большей энерговооруженностью ускорения могут достигать $a_x/g = 0,05 \dots 0,2g$ и более.

Таким образом, для пассажирского судна следует оценить горизонтальное ускорение при разгоне по приведенным формулам и сравнить с предельной величиной $0,2g$ по HSC Code [2], и данными табл. 1. Как правило, для судов длиной $L > 15$ м со скоростями движения до 30 уз данный критерий легко удовлетворяется.

Рассмотрению подлежат случаи нормального, экстренного и аварийного торможения со скорости 90% от максимальной. При этом уровень ускорений в первом и втором случае не должен превышать $0,2g$, что достигается регулировкой средств управления и составлением инструкций судоводителям. Достижение удовлетворения указанного критерия возможно при доводке судна.

Ускорения при торможении определяются аналогично таковым при разгоне. Характерное отличие торможения заключается в том, что ускорение имеет вид более резкого (короткого по времени и значительного по абсолютной величине) отрицательного пика (рис. 3), величина которого зависит от режима управления оборотами двигателей при торможении и инерционных качеств судна, и практически не зависит от характеристик тяги.

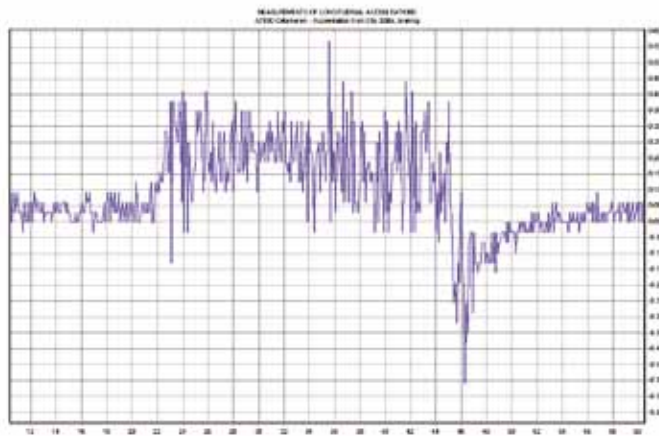


Рис. 3. Запись продольных ускорений при разгоне с 0 до 30 уз и торможении без реверса для катамарана AT800

Воздействие горизонтальных (максимальных) ускорений на экипаж и пассажиров

Ускорение	Характеристика
0,08g	Пожилые люди с трудом удерживают равновесие, стоя и держась
0,15g	Сидящий человек начинает держаться
0,25g	Предел для удержания равновесия обычным человеком, стоя и держась
0,45g	Сидящий человек выпадает из сиденья без ремня безопасности
>1,0g	Опасный уровень для пассажиров

ПОПЕРЕЧНЫЕ УСКОРЕНИЯ ПРИ ПОВОРОТЕ

Ускорение при повороте на высокой скорости определяется путем оценки параметров циркуляции с последующим расчетом центростремительного ускорения $a_y = v_c^2/R_c$, где v_c – скорость судна на циркуляции, м/с; R_c – радиус установившейся циркуляции, м.

Для однокорпусных судов величины R_c могут быть получены с использованием данных Дэнни и Хаббла по формуле Левандовского с декларируемой точностью $\pm 10\%$ [4]:

$$\frac{R_c}{L} \cong 0,5 \times \left[1,7 + 0,0222 F_n \left(\frac{L}{V^{1/3}} \right)^{2,85} \right] \times \frac{30}{\delta_R}, \quad (1)$$

где V – объемное водоизмещение судна, м³; F_n – 0,3–4,0 – число Фруда по водоизмещению, основанное на скорости до входа в циркуляцию v_0 ; δ_R – угол перекадки руля, град.

Как показывают результаты проведенных автором испытаний судов катамаранного типа [8,14], скорость судна на установившейся циркуляции v_c снижается по сравнению со скоростью на прямом курсе (до начала маневра) v_0 на величину $v_c/v_0 = 0,4–0,9$; для большинства реальных маневров $v_c/v_0 = 0,6–0,8$. Величина относительного радиуса циркуляции для катамаранов традиционных пропорций может достигать $R/L = 3–5$, где меньшие значения характерны для судов с меньшим разном корпусов по ширине (горизонтальным клиренсом). Получена следующая приближенная формула, учитывающая влияние ширины между центрами величины корпусов B_{CB} и отношение площади пера руля к площади погруженной части ДП судна A_R/A_L :

$$\frac{R_c}{L} \cong 610 \frac{(1 - 22,5 A_R/A_L) B_{CB} F_n^{0,62}}{L \delta_R}. \quad (2)$$

Диаметр установившейся циркуляции для судов, оборудованных пропульсивными комплексами на базе водометов, поворотных колонок и т.д. может составлять 50–70% от величин, полученных по формулам (1) и (2).

Для пассажирского судна поперечное ускорение при повороте в нормальной эксплуатации не должно превышать требуемой HSC Code [2] предельной комфортной величины $a_y \leq 0,2g$; при превышении указанной величины судно должно быть оборудовано указателем скорости поворота, и соответствующие указания должны быть внесены в документацию по управлению судном. На основе высказанного рекомендуется приближенное условие, которое обеспечивает соответствие горизонтальных ускорений ВСС приведенному выше критерию при углах перекадки руля $\delta_R = 30^\circ$:

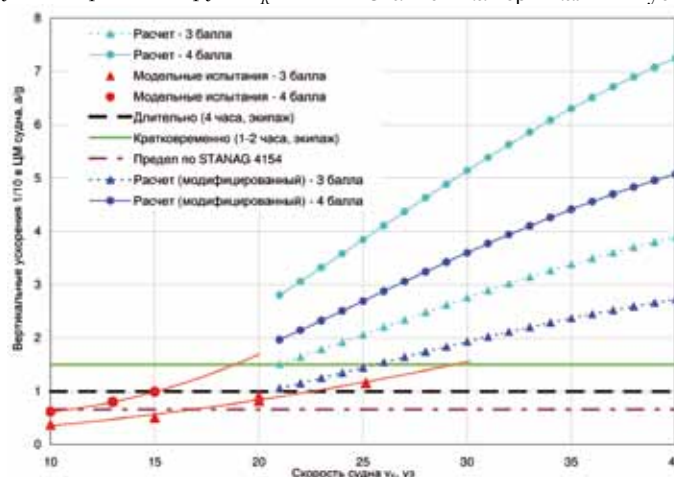


Рис. 4. Сравнение расчетных и экспериментальных значений вертикальных ускорений для модели патрульного катера длиной 16 м

$$L \geq c v_s^2,$$

где v_s – эксплуатационная скорость судна в узлах; c – коэффициент, принимаемый 0,015–0,02 для катамаранов и 0,035–0,04 для однокорпусных судов с традиционными винторулевыми комплексами.

Следует отметить, что правила Регистра для ВСС [15] требуют установку ограничителя перекадки руля $\delta_R = 15^\circ$ для движения в крейсерском режиме, что увеличивает R/L и снижает возможные ускорения a_y . В то же время опыт показывает, что в таком ограничении для большинства пассажирских судов катамаранного типа нет никакой необходимости, и данное требование, наоборот, способствует снижению маневренности и безопасности.

ВЕРТИКАЛЬНЫЕ УСКОРЕНИЯ

Оценка уровня вертикальных ускорений в практике проектирования ВСС выполняются по эмпирической формуле Хоггарда–Джонса или по формуле Савицкого–Брауна [12], основанной на результатах опытов Фридсмь; последняя получила наибольшее распространение в практике зарубежных классификационных обществ:

$$\frac{a_{zCG}}{g} = 0,0104 \left[\frac{H_{1/3}}{B_c} + 0,084 \right] \times \frac{\tau}{4} \left[1,67 - \frac{\beta_s}{30} \right] \times \left[\frac{v_s}{\sqrt{3,28L}} \right]^2 \frac{L}{B_c C_A}, \quad (3)$$

где a_{zCG}/g – относительное среднее вертикальное ускорение в центре масс (ЦМ) судна; $H_{1/3}$ – высота значительных волн, м; τ – угол ходового дифферента, принимается $\tau = 4^\circ$ для предварительных оценок; B_c – ширина корпуса по скуле, м; L – длина судна, м; v_s – скорость судна, уз; β_s – угол килеватости на миделе, градусы; C_A – коэффициент статической нагрузки. Декларируемая точность формулы $\pm 0,2g$.

В ходе исследований [8, 12] распределения ускорений по длине судна установлено, что в носовой части они превышают ускорения в ЦМ судна на 20...100%. Статистика вертикальных ускорений не

подчиняется закону нормального распределения, поэтому для пересчета средних ускорений $\bar{a} = a/g$ для степеней обеспеченности $1/N$, $1/3$, $1/10$ и т. д. принято использовать следующие формулы [12]: $\bar{a}_{1/N} = \bar{a}(1 + \ln N)$; $\bar{a}_{1/3} = 2,1\bar{a}$; $\bar{a}_{1/10} = 3,3\bar{a}$.

Для оценки воздействия ускорений на людей в основном используются средние ускорения или характеристики $1/10$ обеспеченности (для экстремальных режимов с ударами); для конструкций – $1/100$.

Сопоставление результатов расчетов, модельных (рис. 4) и натурных испытаний показывает, что на реально существующих судах с «непризматическими» корпусами ускорения могут быть на 40% ниже, чем рассчитанные по формуле Савицкого–Брауна. В целом формула дает достаточно надежные результаты для судов с полными носовыми обводами; для специальных судов при надлежащей профилировке днища в носовой части ускорения могут быть существенно меньше. На основе обработки результатов испытаний ряда однокорпусных и многокорпусных судов автор рекомендует использовать формулу Савицкого–Брауна с углом килеватости β_4 на теоретическом шп. 4. Кроме того, в расчетах принимается геометрический угол килеватости, а не определенный в соответствии со стандартом ISO8666 (с учетом скуловых отгибов). Эти допущения соответствуют типичной зоне слеминга, что наглядно показано на опытах с радиоуправляемыми прозрачными моделями [8]. При использовании для катамаранов, в формулу Савицкого–Брауна подставляется удвоенная ширина по скуле одного корпуса $B_c = 2B_{cd}$.

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ УСКОРЕНИЙ

В настоящее время общепринятой практикой является измерение ускорений во время ходовых испытаний ВСС, что позволяет оценивать их соответствие нормируемым критериям; подобные результаты опубликованы автором в [8].

Методики обработки и представления результатов, основанные на усреднении ускорений, могут приводить к существенному «сглаживанию» пиков, что не позволяет дать полную оценку воздействия ускорений на людей и конструкции. На сегодняшний день общепринятая методика обработки записей вертикальных ускорений на ВСС с учетом особенно-

стей идентификации пиков и выделения шумов отсутствует; большое количество исследований ведется в этом направлении [1, 11, 13]. Как показывают результаты натурных измерений, необходимо отделять «шумовые» ускорения с частотами 20–60 Гц, вызванные вибрацией судовых конструкций от представляющих основной интерес ускорений, вызванных движением судна как твердого тела (обычно 0,2–20 Гц); HSC Code [2] требует установку фильтра не менее 40 Гц.

Для замеров ускорений, нашим КБ используются трехкомпонентные акселерометры типа MSR145, устанавливаемые в разных точках по длине судна и синхронизированные друг с другом. Установка акселерометра должна исключать влияние эффектов демпфирования замеров за счет эластичности конструкций; в связи с этим установки на неподкрепленных горизонтальных поверхностях палубы и рулевой консоли следует избегать, а использовать поперечные переборки непосредственно соединенные с бортами и днищем судна. При оценке воздействия ускорений на экипаж и персонал специальных судов, эффективности амортизирующих сидений и прочих средств защиты установка дополнительных датчиков осуществляется также на поясе человека. На рис. 5 в качестве примера приведены результаты замеров вертикальных ускорений 8-метрового катамарана при ходе на встречном волнении силой 2 балла при скорости 20, 25 и 30 уз.

ВОЗДЕЙСТВИЕ УСКОРЕНИЙ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА И СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ

Под комфортным уровнем ускорений подразумевается уровень, обеспечивающий отсутствие признаков физиологического дискомфорта (тошнота, потеря работоспособности) у заданного процентного соотношения людей, а также выполнение ими бытовых и служебных функций. При этом уровни адаптации к действию ускорений различаются для экипажа, персонала и пассажиров. Под безопасным уровнем подразумевается уровень, обеспечивающий отсутствие или минимизацию травм.

Оценка уровня безопасности по ускорениям пассажирских ВСС в соответствии с требованиями HSC Code [2] предполагает четко прописанную процедуру.

Таблица 2

Воздействие вертикальных (1/10 обеспеченности) ускорений на экипажи и пассажиров

Ускорение	Характеристика
0,6g	Незначительный дискомфорт для пассажиров в течение двух часов
1,0g	Приемлемый дискомфорт испытывает персонал в течение четырех часов
1,5g	Персонал испытывает дискомфорт в течение одного–двух часов
2,0g	Значительный дискомфорт испытывает экипаж при использовании средств и защиты (демпфирования ускорений)
>6,0g	Экстремальный дискомфорт и возможность травм испытывают экипаж и персонал, кратковременно – при использовании средств защиты

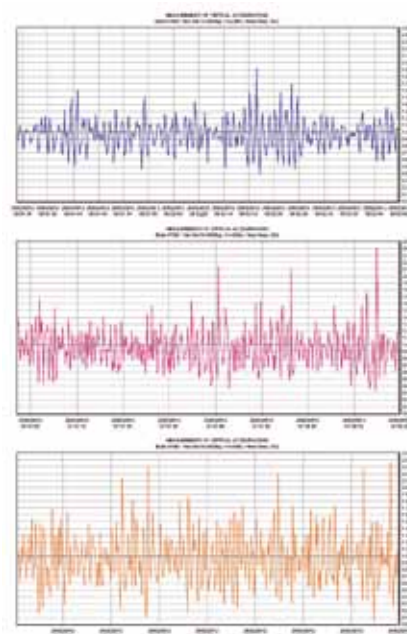


Рис. 5. Запись вертикальных ускорений на катамаране AT800 при скорости 20, 25 и 30 уз и волнении силой 2 балла

Для непассажирских ВСС в основном рассматриваются вертикальные ускорения; классификация критериев приведена в [13], но эти критерии относятся к повседневной эксплуатации и не покрывают случаи при столкновении судов и объектов.

Ряд стандартов ISO2621 [3], ГОСТ 31191.5–2007, ASTM F1166, и другие документы предполагают расчет накопительного воздействия ускорений на организм человека (в частности, на позвоночный столб), однако практика свидетельствует о ряде проблем их применения к малым ВСС. В частности, стандарты предполагают оценку ускорений во время натурных испытаний, при этом методика практически непригодна для проектной оценки ускорений. Кроме того, «дозы ударов и вибрации», предусмотренные стандартами, мало пригодны для оценки работы профессиональных экипажей, поскольку в течение пяти–семи лет активной службы гарантированно превышают предельные значения. Основной поиск путей соответствия этим нормативам идет за счет применения амортизирующих сидений, имеющих все более изощренную конструкцию, а также за счет интенсивного развития беспилотных судов USV (unmanned surface vehicles).

Неудовлетворительный результат для ВСС дает попытка применения критериев, предназначенных для судов других типов – величины средних вертикальных ускорений 0,2g, приведенные в стандартах NATO-STANAG4154 [6], SMP, MSI [13] и др., неприменимы для малых ВСС специального назначения. Перспективным для ВСС представляется критерий ICI (impact count index) [1].

В нашей практике широкое распространение получили рекомендации из работы Савицкого и Коелбела [12] (см. табл. 2), легко применимые на начальных этапах проектирования и позволяющие оценить необходимость применения средств защиты. В целом, можно отметить недостаток методов интерпретации результатов проектных расчетов в требования стандартов, поэтому обобщение результатов испытаний построенных судов и выработка на их основе практических рекомендаций имеют большое значение.

Для пассажирских судов допустимый уровень ускорений составляет: горизонтальных $0,2\text{ g}$ (максимальный), вертикальных $0,2\text{ g}$ (средний). На судах с $a_{\text{coll}} > 3$ пассажиры обеспечиваются сиденьями одобренного типа с ориентацией сидящего лицом в нос или корму, ремнями или эквивалентными средствами, а также принимаются меры по размещению багажа и т.д. Соблюдение этих рекомендаций важно даже для ВСС, не подлежащих формальной классификации по HSC Code [2] для предотвращения травматизма.

Для прогулочных судов предполагается, что экипаж снижает скорость на волнении сообразно обстоятельствам; стандарт ISO15085 предъявляет требования к элементам безопасности – наличию нескольких покрытий, поручней, упоров и т.д.

Для судов, предназначенных для служебных целей и перевозки персонала, сравнительно безопасным уровнем могут считаться вертикальные ускорения (средние) $0,5\text{ g}$. Поскольку сидящий человек подвергается более значительным нагрузкам на позвоночник, следует предусматривать возможность размещения людей в положении стоя/полусидя.

Для судов, которые должны выполнять свои функции в условиях волнения на высокой скорости, при величине средних ускорений более $(0,5–1,0)\text{ g}$ следует предусматривать амортизирующие сиденья, обычно позволяющие снизить величину ударных перегрузок на 60–70%.

Поскольку экипаж проводит на судне существенно больше времени по сравнению с периодическим персоналом, в современных (разработанных после введения стандартов) проектах ВСС «непассажирского» назначения имеется тенденция размещения экипажа в наиболее благоприятных зонах в отношении ускорений.

ВОЗДЕЙСТВИЕ УСКОРЕНИЙ НА КОНСТРУКЦИЮ И ОБОРУДОВАНИЕ СУДНА

В практике большинства классификационных обществ для назначения расчетных нагрузок используются подходы Халлера–Джаспера и Аллена–Джонса [12], и определением ускорений, по формуле Савицкого–Брауна [12] с различными вариациями. Как правило, вертикальные ускорения $1/100$ обеспечен-

ности, используемые для расчета прочности, обычно составляют:

$$\begin{aligned} a_{z1/100} &< 2\text{ g} - \text{пассажирские суда;} \\ a_{z1/100} &< (2,5–3)\text{ g} - \text{прогулочные суда;} \\ a_{z1/100} &< 4,5\text{ g} - \text{спортивные суда и RIB;} \\ a_{z1/100} &< (6–8)\text{ g} - \text{спасательные и патрульные суда.} \end{aligned}$$

В качестве примера на рис. 6 представлен анализ прочности элементов машинного отделения для катера-перехватчика из армированного пластика; результаты показаны для случая столкновения с ускорением $a_{x\text{coll}} = 12\text{ g}$ и для случая движения на волнении при вертикальных ускорениях в ЦТ равных $a_{z1/100} = 6,55\text{ g}$. Оценка коэффициентов запаса по максимальным напряжениям, максимальному удлинению, критерию Цая–Ву и межслойного сдвига, а также деформаций выполняется методом конечных элементов – с учетом анизотропии материала и мест концентрации напряжений. При моделировании учитывается собственная масса конструкций и масса механизмов; двигатель моделируется как точечная масса в ЦМ двигателя, соединенная жесткими связями с креплениями-амортизаторами. Применение уточненных величин ускорений в расчетах позволяет оптимизировать весовые характеристики конструкции при обеспечении ее достаточной прочности и жесткости.

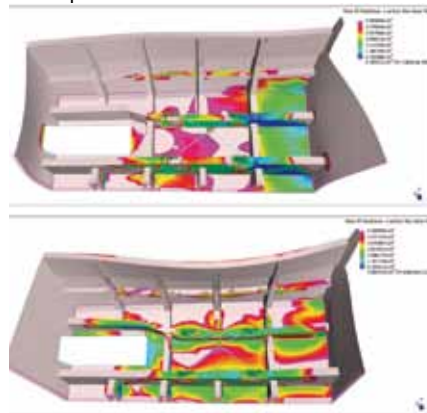


Рис. 6. Анализ прочности элементов конструкции машинного отделения при воздействии ускорений для катера-перехватчика длиной 16,7 м

На рис. 6 показано геометрическое распределение коэффициента запаса прочности $RF = \sigma_u / \sigma_d$ по максимальным напряжениям, определяемое как отношение предельных напряжений к действующим.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для судов, предназначенных для перевозки пассажиров или персонала, необходимо обоснованно подходить к определению размерений судна как функции от заданной скорости движения и силы волнения. Примеры такого обоснования, исходя из требуемой эксплуатационной скорости и состояния моря, рассмотрены автором в [8,14], где на основе результа-

тов испытаний судов и серийных расчетов построена диаграмма, служащая для обоснованного выбора водоизмещения пассажирского катамарана из условий комфорта по среднему уровню ускорений $0,2\text{ g}$. Для судов специального назначения информация об уровне ускорений необходима для выбора средств защиты экипажа и персонала. В [9] автором рассматривается подобная задача при параметрической оценке размерений глиссирующего однокорпусного судна, включающая в числе основных ограничений оценку комфортного/безопасного уровня вертикальных ускорений.

Предлагаемые методики оценки ускорений применены при проектировании и доводке ряда судов, разработанных при участии автора статьи и успешно эксплуатирующихся на реках и в прибрежных районах стран Европы, Азии, Австралии/Океании и Африки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Dobbins T. et.al. High Speed Craft Motion Analysis – Impact Count Index (ICI). – 43rd United Kingdom Conference on Human Responses to Vibration – Leicester, September, 2008.
2. International Code of Safety for High Speed Craft (2000 HSC Code) – IMO, 2008 Edition.
3. ISO 2631: Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole-body vibration. – Parts 1–5.
4. Lewandowsky E.M. The Dynamics of Marine Craft. – World Scientific, 2004.
5. Lucas S.R., McGowan J.C., Salzar R.S., Planchak C., Getz G.E. Biomechanical Assessment of Small Craft Collisions. – 2nd Chesapeake Power Boat Symposium – Annapolis, USA, 2010.
6. NATO Standard Agreement (STANAG) 4154. – Ed. 3 - Common Procedures for Seakeeping in the Ship Design Process – February, 2000.
7. Nazarov A., Dolinsky D., Agishev I. Experimental Research of Sailing Craft Added Masses for Hull-Keel Combinations by Acceleration Tank Tests// 2nd High Performance Yacht Design Conference – Auckland, New Zealand, 2006.
8. Nazarov A. Application of catamaran concept for small commercial, special and pleasure craft// 16th High Speed Marine Vessels Conference (HPMV–2011) – Shanghai, China, 2011. – E18.
9. Nazarov A. On Application of Parametric Method for Design of Planing Craft //3rd Chesapeake Power Boat Symposium, USA, June 2012.
10. Recreational Boating Accident Statistics – USCG, 2010.
11. Ross J.M. Human Factors for Naval Marine Vehicle Design and Operation. – Ashgate Publishing, 2009.
12. Savitsky D., Koelbel J.G. Seakeeping of Hard Chine Planing Hulls//SNAME, SC1, June 1993.
13. Schleicher D.M. Research Plan for the Investigation of Injury and Fatigue Criteria for Personnel Aboard High Performance Craft. – 2nd Chesapeake Power Boat Symposium, USA – March 2010.
14. Назаров А.Г. Особенности проектирования малых катамаранов прогулочного, коммерческого и специального назначения// Судостроение. – 2011. – №4. – С. 12–17.
15. Правила классификации и постройки высокоскоростных судов. – Российский Морской Регистр судоходства, 2008.
16. Развитие гражданской морской техники. Федеральная целевая программа на 2009–2016 г.; утверждена постановлением Правительства РФ от 21 февраля 2008 г. №103. ■

Одной из остро стоящих перед судостроительными и судоремонтными компаниями проблем является защита корпусов судов от коррозии, а также внутренних помещений от огня. В связи с этим весьма перспективной выглядит предложенная нами технология, которая обеспечивает при уменьшении примерно на 20–30% расхода дорогостоящих защитных покрытий (ЗП): антикоррозийных (АКП) и лакокрасочных (ЛКП), а также сокращение на 30–40% (за счет уменьшения времени отвердевания ЗП) продолжительности технологического процесса, увеличение на 40–50% адгезии ЗП. Не говоря уже о повышении качества (огнезащитных и биозащитных свойств), нанесения ЗП на пористые поверхности (конструкции из полимеров, бетона и др.). Добавив к этому возможность нанесения ЗП на увлажненные, охлажденные и неровные (класс подготовки St3 вместо Sa2.0 или Sa2.5) поверхности, получим инновационный прорыв в области промышленной безопасности [2–5].

Известно [6], что в общем случае качество нанесения ЗП в равной степени зависит:

- от физико-химических свойств ЗП, в частности, частицы ЗП должны иметь одинаковый (желательно минимальный) размер и т.д.;
- от метода нанесения ЗП, от которого зависит глубина проникновения (для пористых субстратов), равномерность нанесения и т.д.;
- состояния поверхности субстрата. В частности, поверхность должна иметь минимальную неровность (шероховатость), быть обезжиренной, очищенной от механических примесей, сухой, заданной температуры и т.д.

В работах [2, 3] предложены способ и устройство, в том числе для диспергирования частиц ЗП методом акустической кавитации. При этом показано, что в процессе традиционного приготoвления ЗП диаметр его частиц более чем на порядок отличается друг от друга, а их размеры могут достигать примерно 50 мкм и более. Кроме того, всего около 40% частиц имеют диаметр, не превышающий 5 мкм. Все это приводит к перерасходу ЗП (наиболее крупные частицы выпадают в осадок еще при хранении и в процессе приготовления ЗП) и низкому качеству окрашивания (разная глубина проникновения частиц различного диаметра в приповерхностный слой субстрата, неравномерность распределения ЗП по поверхности субстрата и др.). При реализации же предлагаемого способа частицы ЗП по диаметру незначительно отличаются друг от друга, а их размеры в 2–3 раза меньше, чем при традиционном способе нанесения покрытия. При этом около 85% частиц красителя имеют диаметр менее 5 мкм.

К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНВЕРСИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ АКУСТИКИ В СУДОСТРОЕНИИ И СУДОРЕМОНТЕ

С.А. Бахарев, д-р техн. наук, проф., вед. науч. сотрудник,
Г.П. Дремлюга, канд. воен. наук, начальник отдела,
А.В. Рогожников, начальник отдела, ОАО «ЦНИИ «Курс»,
контакт. тел. 8 (495) 365 8463

Рис. 1 иллюстрирует принцип традиционного нанесения ЗП (АКП и ЛП) в воздухе с помощью краскопульта, в котором используется давление воздуха или самих покрытий.

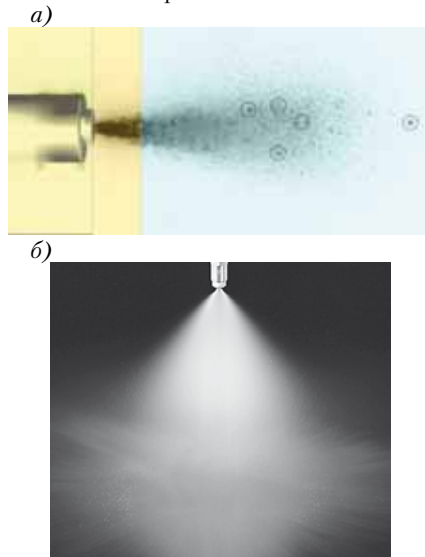


Рис. 1. Типовой принцип нанесения защитных покрытий в воздухе: а – различные размеры частиц красителя; б – разбрызгивание красителя

Как видно из рис. 1, а, размеры частиц ЗП, приготовленного типовым спо-

собом, на порядок (наиболее крупные частицы выделены кружочками) отличаются друг от друга.

Как видно из рис. 1, б, существенная (до 20–30%) часть ЗП разбрызгивается при его нанесении, что становится причиной не только перерасхода, но и нанесения вреда окружающей природной среде [1]. Следует заметить, что наличие ветра при выполнении покрасочных работ существенно усугубляет данную негативную ситуацию.

На рис. 2 показан общий принцип силового (малогабаритный акустический излучатель находится непосредственно на сопле краскопульта) и объемного (несколько крупногабаритных акустических излучателей размещены сверху и снизу относительно окрашиваемой поверхности субстрата) нанесения ЗП, а также их последующего отвердевания в акустическом поле [2–5].

Как видно из этого рисунка, в процессе коллинеарного распространения спрей-струи и акустической волны на частоте ω , сформированной при помощи малогабаритного акустического излучателя, установленного на сопле краскопульта, типовое давление спрей-струи может существенно (на порядок и более) возрастать за счет увеличения

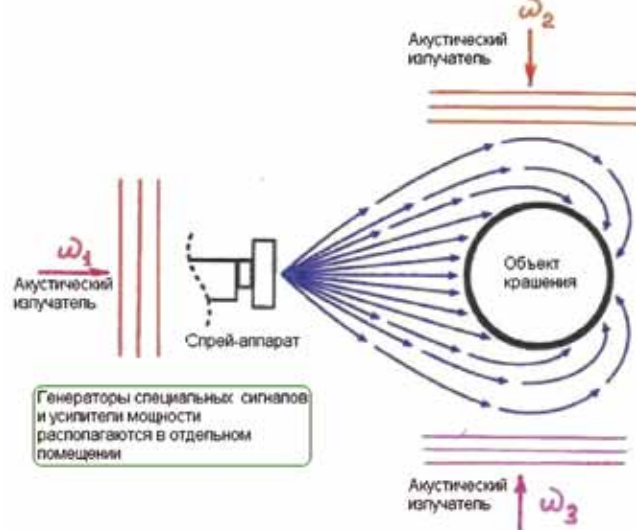


Рис. 2. Принцип силового и объемного нанесения защитных покрытий, а также их последующего отвердевания в акустическом поле

интенсивности этой волны. При этом с помощью крупногабаритных акустических излучателей, установленных с различных (в данном случае только сверху и снизу) направлений относительно окрашиваемой поверхности субстрата, обеспечиваются формирование акустических волн на других частотах (ω_2 и ω_3) и объемное нанесение ЗП за счет существенного возврата их разбрызгиваемых частей, а также последующее ускоренное отвердевание за счет ускорения физико-химических процессов и сушки (часть акустической энергии превращается в тепловую энергию) на молекулярном уровне.

Внешний вид краскопульта с малогабаритным акустическим излучателем показан на рис. 3, а акустического и электронного оборудования, используемого при реализации разработанного способа, – на рис. 4.



Рис. 3. Внешний вид краскопульта с малогабаритным акустическим излучателем

На рис. 4 демонстрируется внешний вид используемого в процессе акустического (малогабаритные рис. 4, а и крупногабаритные рис. 4, в излучатели) оборудования, генераторы специальных сигналов и усилители мощности (рис. 4, б).

Испытания рассматриваемого метода были проведены в 2006–2008 гг. в Республике Корея (Сеул и Пусан) и в 2008–2011 гг. во Вьетнаме (Хошимин и ВунгТау).

Рис. 5 иллюстрирует процесс проведения одного из испытаний во вьетнамской судостроительной корпорации «Vinashin» (2008 г.).

В табл. 1 представлены результаты сравнительных испытаний по нанесению двух слоев с толщиной мокрой пленки 200–225 мкм (с промежуточным сушением каждого слоя в течение 24 ч) АКП «Metapride» на сухую поверхность образцов (размерами: 600×300×4 мм) из стали. При этом поверхность была очищена абразивным методом по стандарту ISO 8501-1 до степени чистоты Sa 2.5 (профиль поверхности после очистки 90 мкм).

На рис. 6 показаны образцы стали (сухая поверхность), на которые нанесено два слоя АКП «Metapride» традиционным (рис. 6, а) и разработанным (рис. 6, б) способами.



Рис. 4. Внешний вид используемого оборудования: а – малогабаритные излучатели; б – электронные приборы; в – крупногабаритные излучатели



Рис. 5. Проведение испытаний по нанесению защитных покрытий: а – проверка поверхности стали; б – нанесение защитных покрытий

Как видно из табл. 1 и рис. 6 (контрольные точки обозначены белыми

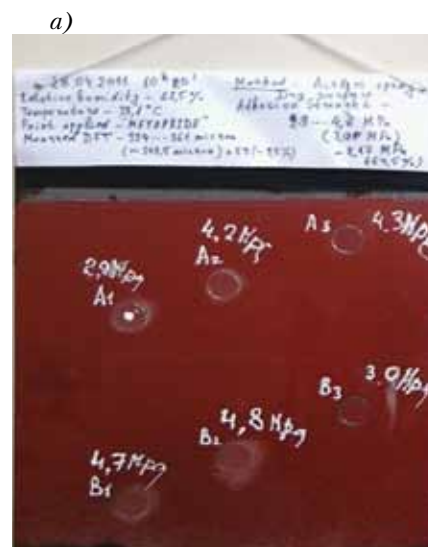


Рис. 6. Внешний вид образцов стали

кружками), среднееарифметические значения адгезии в процессе реализации разработанного способа $A = 6,65$ МПа при толщине сухой пленки $S = 268,5$ мкм (требования технических условий: $S \geq 300$ мкм), в то время как при традиционном способе $A = 4,2$ МПа (требования технических условий: $A \geq 2,5$ МПа) при $S = 349,0$ мкм.

Следовательно, даже при сокращении примерно на 13% расхода АКП (меньшая толщины сухой пленки, см. табл. 1) адгезия при реализации предлагаемого способа возросла на 58,5%, причем даже при нанесении одного слоя защитного покрытия.

Об этом свидетельствуют левые верхние участки образцов, на которые нанесен только один слой АКП «Metapride» с толщиной сухой пленки: $S = 183$ мкм ($A = 2,9$ МПа) при традиционном способе и $S = 142$ мкм ($A = 4,0$ МПа) при разработанном.

Таблица 1

Результаты сравнительных испытаний

Способ нанесения	Толщина S пленки, мкм	Адгезия A , МПа	Разница	
			S , мкм, %	A , МПа, %
Без излучения	349,0	4,20	+80,5 (+13,0)	-2,45 (-58,5)
С излучением	268,5	6,65	-80,5 (-13,0)	+2,45 (+58,5)

На рис. 7 приведены результаты сравнительных испытаний при последовательном нанесении нескольких (от одного до семи) слоев АКП «Banhon 500 R.Brown» с толщиной каждого слоя мокрой пленки 25–30 мкм и без их промежуточного сушения при реализации нового (см. дальний лист стали на рис. 7, а) и традиционного (ближний лист стали на рис. 7, а) способов.

а)



б)



Рис. 7. Результаты разработанного способа испытаний

Как видно из рисунка, при традиционном нанесении АКП уже на третьем слое отмечаются его вспучивание и подтеки, в то время как при использовании разработанного способа похожая картина наблюдается только на седьмом слое АКП.

На рис. 7, б представлены результаты сравнительных испытаний при нанесении ЛКП «Epicon Mf Grey CS-614» (серый цвет) и «Уны Marine White» (белый цвет) на образцы стали. Как видно из него, при нанесении ЛКП с помощью разработанного способа отмечаются их более высокая насыщенность (плотность) и яркость.

В табл. 2 представлены результаты испытаний АКП, нанесенного на влажную поверхность образцов (размерами 600×300×4 мм) из стали. При этом поверхность была очищена абразивным методом по стандарту ISO 8501-1 до степени чистоты Sa 2.5 (профиль поверхности после очистки – 90 мкм).

Как видно из табл. 2, среднеарифметические значения адгезии в процессе реализации предлагаемого способа со-

ставляют: $A = 6,27$ МПа при толщине сухой пленки $S = 278,2$ мкм (требования технических условий: ≥ 300 мкм), в то время как при традиционном способе $A = 3,51$ МПа (требования технических условий: $\geq 2,5$ МПа) при $S = 328,3$ мкм.

Другими словами, даже при сокращении примерно на 8,26% расхода АКП (меньшая толщины сухой пленки, см. табл. 2) адгезия возросла на 78,3%.

На рис. 8 показан внешний вид образцов стали с сухой (рис. 8, а) и увлажненной (рис. 8, б) поверхностями, на которые разработанным способом нанесено два слоя АКП «Metapride» и один слой ЛКП «Уны Marine White».

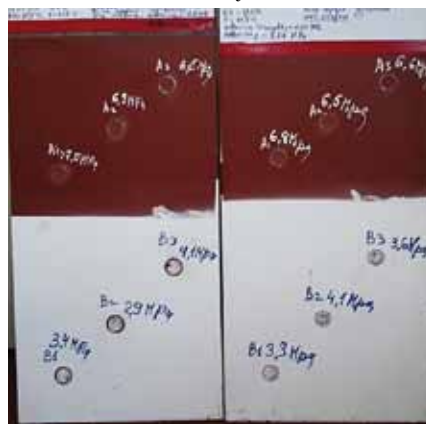


Рис. 8. Результаты испытаний разработанного метода

В процессе проведения испытаний по ускоренному отверждению АКП и ЛКП в акустическом поле [4,5] установлено, что даже при благоприятных погодных условиях (относительная влажность воздуха – 73,3%, температура воздуха – 29,7 °С) «акустическая сушка» имеет преимущество по сравнению с отверждением ЗП в естественных условиях:

- до 40% для сухой поверхности образцов;
- до 34% для влажной поверхности образцов.

Таким образом, в процессе испытаний было установлено, что разработанный метод позволяет:

- повысить (на 40–50%) адгезию АКП и ЛКП, что обеспечивает большую по времени стойкость покрытия к любым внешним воздействиям;
- повысить (на 30–40%) равномерность распределения ЗП по окрашиваемой поверхности;
- уменьшить (на 20–30 %) пористость защитных покрытий, что также обеспечивает его большую по времени стойкость к любым внешним воздействиям;

Таблица 2

Результаты сравнительных испытаний

Способ нанесения	Толщина S пленки, мкм	Адгезия A , МПа	Разница	
			S , мкм, %	A , МПа, %
Без излучения	328,3	3,51	+50,1 (+8,26)	-2,76 (-78,6)
С излучением	278,2	6,27	-50,1 (-8,26)	+2,76 (+78,3)

- расширить область применения за счет нанесения ЗП на влажную и необезжиренную поверхности конструкций, а также в зоне их переменного смачивания;

- уменьшить (на 30–40%) время отверждения (сушки) ЗП, в том числе за счет ускорения физико-химических процессов и превращения (на молекулярном уровне) части акустической энергии в тепловую, что уменьшает общую продолжительность технологического процесса многослойного нанесения ЗП;

- уменьшить (на 20–30%) расход ЗП, в том числе за счет его принудительного возврата (акустическими полями) на окрашиваемую поверхность;

- повысить (40–50%) гомогенизацию ЗП перед его нанесением на окрашиваемую поверхность за счет диспергирования (измельчения) его частиц до одинаковых размеров в режиме акустической кавитации;
- увеличить (на 20–30%) яркость ЛКП за счет более упорядоченного расположения частиц в слое, что улучшает внешний вид конструкций, например, корпус судна;
- повысить экологическую безопасность выполнения покрасочных работ, благодаря тому, что разбрызгиваемые части ЗП принудительно (акустическими полями) вновь возвращаются на окрашиваемую поверхность и др.

При реализации способа на воздухе используется обычное оборудование (компрессор, краскопульт), но на сопло краскопульта устанавливают малогабаритный акустический излучатель. При окраске больших поверхностей и акустической сушке ЗП вблизи зон окраски и сушки устанавливают не менее четырех (слева, справа, снизу и сверху) переносных акустических излучателей.

Технология безвредна для персонала и окружающей природной среды, что подтверждается соответствующими сертификатами на оборудование и практическим опытом применения технологии в Республике Корея и Вьетнаме.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бахарев С.А. Обеспечение экологической безопасности деятельности человека на морском шельфе // Вестник РАЕН. – 2003. – Т.3. – № 3. – С.13–17.
2. Он же. Непрерывный способ крашения полимерных материалов с использованием ультразвука. Патент РФ № 2318939, 2006. – ИБ. 2008. – №7.
3. Он же. Устройство для непрерывного крашения полимерных материалов с использованием волн различной физической природы. Патент РФ № 2383674, 2008. – ИБ. 2008. – №7.
4. Он же. Способ спрей-акустического крашения металла. Патент РФ № 2381839, 2008. – ИБ. 2010. – №5.
5. Он же. Способ комбинированной сушки полимеров с использованием волн различной физической природы. – Патент РФ № 2423655, 2009. ИБ. 2011. – №19.
6. Волюцкий С.С. Аутогезия и адгезия высокополимеров. – М., 1960, 297 с. ■

Постановка проблемы. Предотвращение загрязнения окружающей среды всегда было в числе приоритетов Международной морской организации (ИМО).

В 2000 г. к МК МАРПОЛ было добавлено Приложение VI «Правила предотвращения загрязнения атмосферы с судов», в котором содержались требования, ограничивающие выбросы NOx, SOx, летучих органических соединений и пр. При этом долгое время оставался открытым вопрос, как ограничить выбросы углекислого газа, который является одним из парниковых газов. Только в 2007 г. доля выбросов CO₂ от мирового судоходства составляла 3,3% всех мировых выбросов [1]. По прогнозам к 2050 г. выбросы CO₂ могут увеличиться в 3–5 раз.

Суть в том, что выбросы CO₂ не удастся регулировать путем изменения параметров сгорания топлива в цилиндрах дизеля, как это делается, например, для уменьшения выбросов NOx. Не эффективна и предварительная очистка топлива, как это делается для уменьшения выбросов SOx. Просто при сжигании одной тонны топлива выбрасывается определенное количество CO₂, которое является постоянным для каждого типа топлива.

Понятно, что меньше загрязнять атмосферу будет то судно, которое для выполнения той же транспортной работы сжигает меньше топлива, т.е. обладает большей энергетической эффективностью. Последнюю можно оценить при помощи специально введенного конструктивного коэффициента энергоэффективности (ККЭЭ) – Energy Efficiency Design Index (EEDI).

1 июля 2012 г. были приняты поправки к Приложению VI к МАРПОЛ относительно правил предотвращения загрязнения воздушной среды с судов (МЕРС.203(62)). Добавлена новая гл. 4 «Правила энергоэффективности для судов». Согласно этим правилам для каждого нового судна вычисляется достижимый ККЭЭ (Attained EEDI). Он должен быть меньше либо равен требуемому ККЭЭ (Required EEDI). Последний вычисляется в зависимости от типа судна и дедвейта, с учетом редукционного коэффициента, который постепенно ужесточается вплоть до 2025 г. [7].

Достижимый ККЭЭ необходимо вычислять для судна, контракт на постройку которого заключен 1 января 2013 г. или киль которого заложен 1 июля 2013 г., или поставка которого осуществляется 1 июля 2015 г. или после этих дат соответственно. Для судов средних размеров, к которым относятся и суда смешанного плавания (ССП), в том числе, например, для танкеров дедвейтом от 4000 до 20 000 т и для судов для перевозки генеральных грузов дедвейтом от 3000 до 15 000 т, ККЭЭ будет применяться с 1 января 2015 г.

Достижимый ККЭЭ вычисляется в соответствии с методикой, приведенной в резолюции МЕРС.212(63) [17] для следующих типов судов: навалочное судно, газовоз, танкер, контейнеровоз, судно для перевозки генеральных грузов, рефрижераторное судно, комбинированное судно, пассажирское судно, грузовое судно ро-ро (судно для перевозки транспортных средств), грузовое судно ро-ро, пассажирское судно ро-ро.

Положения гл. 4 Приложения VI к МАРПОЛ применяются ко всем судам валовой вместимостью 400 бр.-рег. т и более. ККЭЭ не требуется вычислять для судов с дизель-электрическими, турбинными или гибридными гребными установками.

Администрация может освободить судно этой валовой вместимостью от вычисления ККЭЭ, контракт на постройку которого заключен до 1 января 2017 г. При этом для некоторых типов судов, таких как пассажирское судно и грузовое судно типа ро-ро, требуемый ККЭЭ не применяется. Кроме того, он не применяется и для судов, имеющих дедвейт ниже

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ СУДОВ СМЕШАННОГО ПЛАВАНИЯ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Г.В. Егоров, д-р техн. наук, проф., генеральный директор,
Д.В. Колесник, зам. начальника отдела,
ЗАО «Морское Инженерное Бюро-СПб»,
контакт. тел. (812) 232 8538

минимального предела: для танкеров дедвейтом менее 4000 т и для судов для перевозки генеральных грузов дедвейтом менее 3000 т.

Анализ ККЭЭ активно проводится с 2005 г. Были выполнены детальные исследования по навалочным судам, танкерам, газовозам, контейнеровозам, буксирам [8, 9, 11, 13, 14, 19].

Классификационные общества уже начали включать требования к энергоэффективности в свои правила. Так, например, Германский Ллойд выпустил «Руководство по определению конструктивного коэффициента энергоэффективности» [18], Регистр Ллойда – «Введение конструктивного коэффициента энергоэффективности. Руководство для владельцев, операторов и судостроительных заводов» [10]. Аналогичную работу проводит Российский Морской Регистр судоходства [1], хотя, как отмечается в [6], в российском судостроении внимание этому вопросу уделяется явно недостаточно.

Принципиально важным для отечественных судовладельцев является анализ ККЭЭ для грузовых ССП. За последние 12 лет (по состоянию на начало августа 2012 г.) было построено около 212 таких судов.

С 2010 г. наблюдается увеличение заказов на ССП. Наиболее востребованными были и остаются суда «Волго-Дон макс» класса, отвечающие габаритам Волго-Донского судоходного канала и предназначенные для замены судов известных советских серий «Волгонепть» и «Волго-Дон». Ожидается постройка еще примерно 180–190 нефтеналивных и сухогрузных судов «Волго-Дон макс» класса нового поколения (пр. RST22M, RST25, RST27, RSD17, RSD19, RSD49 и др.). Как известно, практически все эти ССП, построенные в XXI в. для российских внутренних водных путей, имеют коэффициент общей полноты около 0,90, а пр. RST27 – рекордные 0,93 [2, 5].

Остается открытым вопрос, насколько эти суда будут соответствовать вновь вводимым требованиям МАРПОЛ по энергоэффективности. Поэтому *целью настоящей статьи является исследование энергоэффективности ССП нового поколения и анализ выполнения на этих проектах перспективных требований к ККЭЭ.*

ККЭЭ определяется согласно [12] по формуле

$$EEDI = \frac{P \cdot SFC \cdot C_F}{Capacity \cdot V}, \text{ г/(т·миля)},$$

где P – мощность главного двигателя (ГД), кВт; SFC – удельный расход топлива, г/(кВт·ч); C_F – коэффициент выбросов CO₂, $T_{CO_2}/T_{топлива}$ (см. табл. 1 [12]); $Capacity$ – дедвейт для грузовых судов (или валовая вместимость для пассажирских судов), т; V – скорость судна, уз.

Числитель в этой формуле характеризует выбросы CO₂ (г), а знаменатель – транспортную работу (т·миля).

Расчет достижимого ККЭЭ строго регламентирован. Основное влияние на результат оказывают следующие исходные данные: скорость судна, дедвейт, мощность ГД и удельный расход топлива ГД.

Также учитывается расход топлива на дизель-генераторы (мощность которых принимается в размере 5% мощности ГД), наличие валогенератора и ледовых усилений, применение инновационных технологий повышения энергетической эффективности, кубическая вместимость для химовозов и газовозов и пр.

Дедвейт и скорость должны определяться при осадке по летнюю грузовую ватерлинию (ЛГВЛ) в воде плотностью 1025 кг/м³. Скорость и удельный расход топлива должны определяться при 75% максимальной длительной мощности (МДМ) ГД.

Таблица 1
Характеристика выбросов CO₂ в зависимости от типа топлива

Тип топлива	Марка топлива	Содержание углерода	$\tau_{CO_2} / \tau_{топлива}^c$
Дизельное/газойль	DMX - DMB по ISO 8217	0,8744	3,206
Легкое жидкое топливо (мазут флотский)	RMA - RMD по ISO 8217	0,8594	3,151
Тяжелое жидкое топливо	RME - RMK по ISO 8217	0,8493	3,114
Сжиженный нефтяной газ (LPG)	Пропан	0,8182	3,000
	Бутан	0,8264	3,030
Сжиженный природный газ (LNG)		0,7500	2,750

Достижимый ККЭЭ для каждого конкретного судна проверяется администрацией.

Согласно резолюции МЕРС.214(63) [16], освидетельствование и сертификация ККЭЭ должны осуществляться в два этапа:

1. Предварительная проверка на стадии проектирования. Для этого предоставляются расчет достижимого ККЭЭ, а также техническая документация, содержащая информацию, необходимую для вычисления достижимого ККЭЭ.

В составе этой документации в том числе должна быть диаграмма зависимости скорости судна от мощности ГД при осадке по ЛГВЛ. При этом для судов, к которым применяется правило 21 Приложения VI к МАРПОЛ (т.е. необходимо вычислять требуемый ККЭЭ), диаграмма скорости судна должна основываться на надежных результатах модельных испытаний (в данном случае на буксировочных испытаниях, самоходных испытаниях и испытаниях гребного винта в свободной воде, и которые проводятся в присутствии представителя Администрации).

Численные расчеты можно применять вместо испытаний гребного винта в свободной воде.

Модельные испытания можно не проводить при наличии результатов таких испытаний судна данного типа, у которого форма корпуса и главные размерения идентичны рассматриваемому судну. Модельные испытания также можно не проводить, если ходовые испытания судна будут проводиться в полном грузу.

Для опытовых бассейнов, проводящих модельные испытания, потребуется специальная сертификация [6]. Рассматривается также создание стандартной методологии пересчета результатов модельных испытаний на натурное судно с тем, чтобы регламентировать значения коэффициентов, которые обычно выбирают на основании опыта испытателя, таких как коэффициент шероховатости и коэффициент попутного потока.

2. Окончательная проверка на ходовых испытаниях. При этом мощность ГД должна определяться путем замера торсионметром мощности на валу или методом, рекомендованным производителем ГД и одобренным Администрацией. Другие методы можно применять при согласии судовладельца, судостроителя и Администрации.

По результатам замера скорости и мощности строят диаграмму зависимости скорости судна от мощности ГД. Если она отличается от диаграммы скорости судна, полученной на стадии его проектирования, то достижимый ККЭЭ должен быть соответствующим образом пересчитан. При пересчете следует учесть реальный дедвейт, если он отличается от проектного. Процесс согласования ККЭЭ иллюстрирует рис. 1.

Чтобы выяснить, насколько новые проекты ССП соответствуют требованиям к ККЭЭ, мы вычислили для них значение ККЭЭ. Согласно правилу 21 Приложения VI к МАРПОЛ достижимый ККЭЭ ≤ требуемый ККЭЭ =

$$= (1 - X/100) \cdot a \cdot b^c,$$

где X – редуциционный коэффициент, указанный в табл. 1 правила 21 Приложения VI к МАРПОЛ; a, b, c – параметры, введенные в табл. 2 правила 21 Приложения VI к МАРПОЛ.

Достижимый ККЭЭ вычисляют по следующей формуле [п.2 МЕРС.212(63)]:

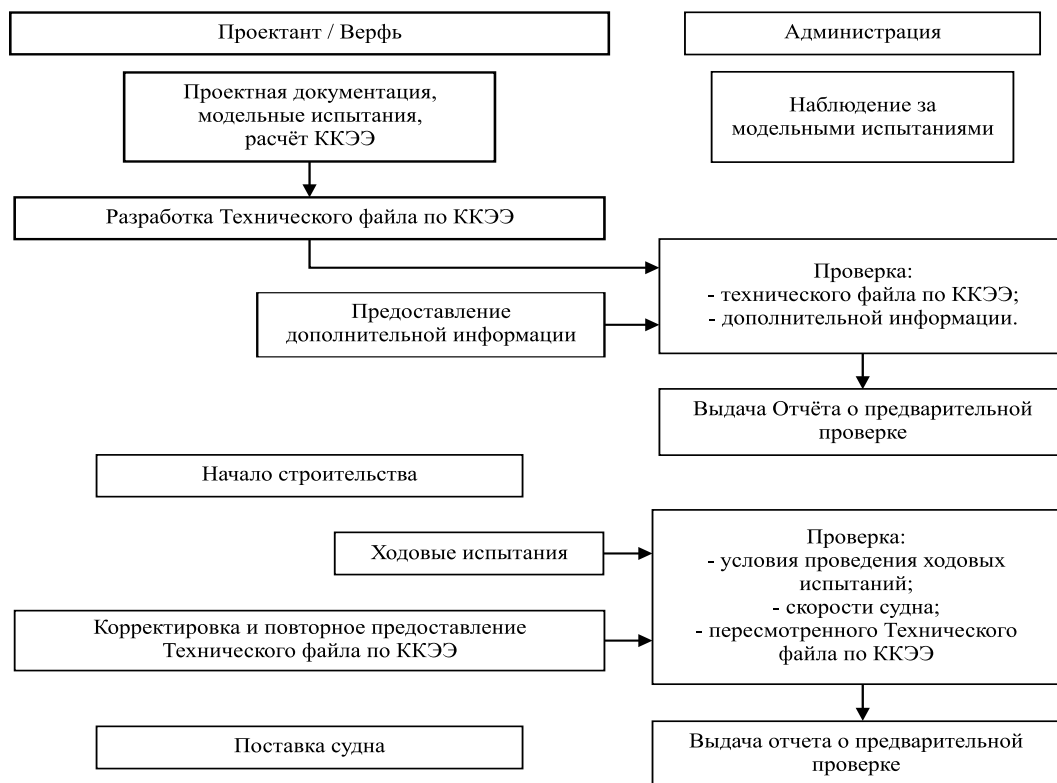


Рис. 1. Процесс согласования ККЭЭ

$$\left(\prod_{j=1}^n f_i \right) \left(\sum_{i=1}^{nME} P_{ME(i)} \cdot C_{FME(i)} \cdot SFC_{ME(i)} \right) + (P_{AE} \cdot C_{FAE} \cdot SFC_{AE}) +$$

$$\frac{f_i \cdot f_c \cdot Capacity \cdot f_w \cdot V_{ref}}{\left(\prod_{j=1}^n f_i \cdot \sum_{i=1}^{nPTI} P_{PTI(i)} - \sum_{i=1}^{neff} f_{eff(i)} \cdot P_{AEff(i)} \right) C_{FAE} \cdot SFC_{AE}} -$$

$$\left(\sum_{i=1}^{neff} f_{eff(i)} \cdot P_{eff(i)} \cdot C_{FME} \cdot SFC_{ME} \right),$$

где C_F – коэффициент преобразования между расходом топлива двигателя (г) и выбросами CO_2 (г), принимаемый по табл. 1. Индексы ME и AE относятся к главным и вспомогательным двигателям соответственно; V_{ref} – скорость судна на глубокой воде при максимальной проектной осадке, мощности на валу $P = \sum_{i=1}^{nME} P_{ME(i)}$ и при спокойной погоде без ветра и волнения, уз; $Capacity$ для танкеров и судов для перевозки генеральных грузов – это дедвейт (dwt), т;

$P_{ME} = 0,75(MCR_{ME} - P_{PTOmad})$ – мощность ГД, кВт; MCR_{ME} – максимальная длительная мощность ГД, кВт; n_{ME} – количество ГД; $P_{PTO} = 0,75P_{PTOпот}$ – мощность валогенератора, кВт; $P_{PTOпот}$ – номинальная мощность валогенератора, кВт; P_{PTOmad} – максимально допустимое вычитание мощности ГД принимается равным меньшему из P_{PTO} и P_{AE} , кВт; P_{PTI} – мощность двигателя на валу, кВт; P_{eff} – выходная мощность инновационной механической энергоэффективной технологии для приведения в движение при 75% мощности ГД, кВт; P_{AEff} – сокращение мощности вследствие инновационной электрической энергоэффективной технологии при P_{ME} , кВт; P_{AE} – требуемая мощность вспомогательных двигателей в ходовом режиме, кВт. Для судов с суммарной мощностью ГД менее 10 000 кВт

$$P_{AE} = 0,05 \cdot \left(\sum_{i=1}^{nME} MCR_{MEi} + \frac{\sum_{i=1}^{nPTI} P_{PTIi}}{0,75} \right), \text{ кВт};$$

SFC_{ME} – удельный расход топлива ГД при 75% МДМ (из одобренного Технического файла по NO_x), г/(кВт·ч); SFC_{AE} – удельный расход топлива ДГ при 50% МДМ (из одобренного Технического файла по NO_x), г/(кВт·ч); f_j – поправочный коэффициент, учитывающий конструктивные особенности конкретного судна. Для судов ледового класса f_{j0} должен быть

$$f_{j,min} \leq f_{j0} \leq f_{j,max} = 1.$$

Значения $f_{j,min}$ и f_{j0} вычисляются в соответствии с табл. 1 п.2.5.8 МЕРС.212(63) и в зависимости от типа судна и ледового класса. Для судов ледового класса

$$f_{j0} = \frac{k_1 L_{pp}^{k_2}}{\sum_{i=1}^{nME} P_{ME(i)}}, \quad f_{j,min} = k_3 L_{pp}^{k_4},$$

где k_1, k_2, k_3, k_4 – коэффициенты, (табл. 2).

Таблица 2

Значения коэффициентов k_1 – k_4 для судов ледовых классов

Тип судна	k_1	k_2	Arc4		Ice3		Ice2, Ice1	
			k_3	k_4	k_3	k_4	k_3	k_4
Танкер	0,308	1,920	0,27	0,21	0,45	0,13	0,70	0,06
Судно для перевозки генеральных грузов	0,0227	2,483	0,43	0,12	0,56	0,09	0,67	0,07

При вычислении достижимого $KKЭЭ f_w$ – безразмерный коэффициент, учитывающий уменьшение скорости в обычных погодных условиях, $f_w = 1$. Уменьшение скорости в реальных погодных условиях может быть учтено путем вычисления достижимого $KKЭЭ_{погода}$, при этом f_w должен быть опреде-

лен путем моделирования по методике в соответствии с руководством, которое будет разработано ИМО. Коэффициент готовности инновационной энергоэффективной технологий f_{eff} для систем утилизации энергии принимается равным 1,0. Коэффициент грузоемкости, учитывающий необходимость выполнения каких-либо технических или нормативных ограничений грузоемкости судна f_i принимается равным 1,0, если не доказана необходимость введения этого коэффициента.

Для судов ледового класса f_{j0} вычисляются из

$$f_{i,min} = 1 \leq f_{i0} \leq f_{i,max}.$$

Значения f_{j0} и $f_{i,max}$ вычисляются в соответствии с табл. 2 п.2.5.11 МЕРС.212(63) в зависимости от типа судна и ледового класса*.

Для судов ледового класса:

$$f_{i0} = \frac{k_5 L_{pp}^{k_6}}{dwt}, \quad f_{i,max} = k_7 L_{pp}^{k_8},$$

где k_5, k_6, k_7, k_8 – коэффициенты (табл. 3).

Таблица 3

Значения коэффициентов k_1 – k_4 для судов ледовых классов

Тип судна	k_5	k_6	Arc4		Ice3		Ice2, Ice1	
			k_7	k_8	k_7	k_8	k_7	k_8
Танкер	0,00138	3,331	1,71	-0,08	1,74	-0,06	1,27	-0,04
Судно для перевозки генеральных грузов	0,0377	2,625	1,77	-0,08	1,51	-0,06	1,28	-0,04
Контейнеровоз ¹	0,1033	2,329	1,71	-0,08	1,47	-0,06	1,27	-0,04
Газовоз	0,0474	2,590	2,10	-0,12	1,60	-0,08	1,25	-0,04

Поправочный коэффициент на кубическую вместимость f_i принимается равным 1,0, если не доказана необходимость его введения.

Для химовозов

$$f_c = \begin{cases} R^{-0,7} - 0,014, & R < 0,98; \\ 1, & R \geq 0,98, \end{cases}$$

где R – отношение дедвейта судна (т) к общей объемной вместимости грузовых танков (m^3); L_{pp} – длина между перпендикулярами.

Результаты расчета для танкеров приведены в табл. 4, а для судов для перевозки генеральных грузов – в табл. 5. Требуемый $KKЭЭ$ определялся как для судов, строящихся в 2015–2019 гг.

Как видно из результатов расчета, большая часть рассмотренных современных проектов удовлетворяют требованиям по $KKЭЭ$ в существующем виде, среди них – все новые нефтеналивные суда пр. 005RST01, RST22M, RST25, RST27 и сухогрузные суда пр. RSD17, RSD19, RSD49, 005RSD06. Исключения составляют сухогрузные суда пр. DCV36 и 00101.

Основные пути повышения $KKЭЭ$:

1. Увеличение дедвейта судна, хотя это требует повышения мощности ГД, но последняя увеличивается приблизительно пропорционально дедвейту в степени 2/3, что приводит к уменьшению $KKЭЭ$. При этом следует учитывать, что для судов большого дедвейта применяются более строгие требования к $KKЭЭ$. Для ССП наиболее эффективным путем увеличения дедвейта является рост коэффициента общей полноты и (или) снижения массы судна порожнем [2–5].

2. Снижение скорости. Это значительно снижает потребляемую мощность ГД, так как последняя находится в кубической зависимости от скорости. Для ССП скорость ограничена условиями внутренних водных путей, поэтому реальный ее диапазон находится в пределах 10–12 уз, обычно 10,5 уз.

3. Применение новых технологий. Это инженерно-технические решения, которые позволяют улучшить $KKЭЭ$, не изменяя при этом дедвейт и скорость судна. Примером такого решения для ССП является разработка обводов танкера пр. RST27, имеющего предельно высокий коэффициент общей полноты, с ис-

* При вычислении f_{j0} для контейнеровозов dwt необходимо умножить на 0,7.

Расчет ККЭЭ для танкеров смешанного река-море плавания типовых проектов

Параметр	Обозначение	005RST01	RST22M	RST22M (химовоз)	RST27	RST27 (химовоз)	RST25	1577
Коэффициент преобразования между расходом топлива и выбросом CO_2 ГД, $t_{\text{CO}_2}/t_{\text{топлива}}$	C_{FME}	3,114	3,114	3,114	3,114	3,114	3,114	3,114
Коэффициент преобразования между расходом топлива и выбросом CO_2 ДГ, $t_{\text{CO}_2}/t_{\text{топлива}}$	C_{FAE}	3,206	3,206	3,206	3,206	3,206	3,206	3,206
Скорость судна, уз	V_{ref}	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	8,8
Дедвейт, т	dwt	6457	7050	7050	7022	7022	6710	4875
Мощность ГД, кВт	P_{ME}	862,5	900	900	900	900	900	552
Количество ГД	n_{ME}	2	2	2	2	2	2	2
МДМ ГД, кВт	MCR_{ME}	1150	1200	1200	1200	1200	1200	736
Мощность валогенератора, кВт	P_{PTO}	0	0	0	0	0	0	0
Ном. мощность валогенератора, кВт	$P_{PTO-nom}$	0	0	0	0	0	0	0
Мощность двигателя на валу, кВт	P_{PTI}	0	0	0	0	0	0	0
Выходная мощность инновационной механической энергоэффективной технологии для приведения в движение, кВт	P_{eff}	0	0	0	0	0	0	0
Сокращение мощности вследствие инновационной электрической энергоэффективной технологии, кВт	P_{AE-eff}	0	0	0	0	0	0	0
Требуемая мощность ДГ в ходовом режиме, кВт	P_{ME}	115	120	120	120	120	120	73,6
Удельный расход топлива ГД, г/(кВт·ч)	SFC_{ME}	189	189	189	189	189	189	223
Удельный расход топлива ДГ, г/(кВт·ч)	SFC_{AE}	208	208	208	208	208	222	230
Поправочный коэффициент, учитывающий конструктивные особенности судна ледового класса	f_j	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Ледовый класс			Ice1 (~IC)	Ice1 (~IC)	Ice1 (~IC)	Ice1 (~IC)	Ice1 (~IC)	Ice1 (~IC)
Коэффициент, учитывающий уменьшение скорости в обычных погодных условиях	f_W	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Коэффициент готовности инновационной энергоэффективной технологии	f_{eff}	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Коэффициент вместимости судна	f_j	1,044	1,044	1,044	1,043	1,043	1,043	1,046
Поправочный коэффициент на кубическую вместимость	f_e	1	1	1,062	1	1,080	1	1
Объем грузовых танков, м ³				7832,81		7988,07		
Отношение дедвейта (т) к объему грузовых танков (м ³)	R			0,900		0,879		
Длина между перпендикулярами	L_{pp}	132,8	134,5	134,5	137,1	137,1	138,24	128,6
Достижимый ККЭЭ		15,42	14,74	13,88	14,82	13,71	15,58	18,30
Требуемый ККЭЭ		16,59	15,84	15,84	15,87	15,87	16,26	19,22
Редукционный коэффициент	X	1,54	1,91	1,91	1,89	1,89	1,69	0,55
	a	1218,80	1218,80	1218,80	1218,80	1218,80	1218,80	1218,80
	b	6457	7050	7050	7022	7022	6710	4875
	c	0,488	0,488	0,488	0,488	0,488	0,488	0,488
Достижимый ККЭЭ <= Требуемого ККЭЭ		Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Достижимый ККЭЭ- Требуемый ККЭЭ		1,17	1,09	1,96	1,05	2,16	0,68	0,92

Таблица 5

Расчет ККЭЭ для типовых проектов сухогрузных судов смешанного река- плавания

Расшифровка параметра	Обозначение	RSD17	DCV36	005RSD06	RSD19	RSD49	00101	19610
Коэффициент преобразования между расходом топлива и выбросом CO_2 ГД, $t_{\text{CO}_2}/t_{\text{топлива}}$	C_{FME}	3,114	3,114	3,114	3,114	3,114	3,114	3,114
Коэффициент преобразования между расходом топлива и выбросом CO_2 ДГ, $t_{\text{CO}_2}/t_{\text{топлива}}$	C_{FAE}	3,206	3,206	3,206	3,206	3,206	3,206	3,206
Скорость судна, уз	V_{ref}	10,8	11,4	10	10,5	10,5	10,5	10,0
Дедвейт, т	dwt	6354	5026	6320	7004	7154	5190	6277
Мощность ГД, кВт	P_{ME}	1746	1881	639	900	900	855	728
Количество ГД	n_{ME}	1	1	2	2	2	2	2
МДМ ГД, кВт	MCR_{ME}	2450	2640	852	1200	1200	1140	970
Мощность валогенератора, кВт	P_{PTO}	375	219	0	0	0	0	0
Ном. мощность валогенератора, кВт	$P_{PTO-nom}$	500	292	0	0	0	0	0
Максимально допустимое вычитание мощности ГД	P_{PTI}	122,5	132	0	0	0	0	0
Мощность двигателя на валу, кВт	P_{eff}	0	0	0	0	0	0	0
Выходная мощность инновационной механической энергоэффективной технологии для приведения в движение, кВт	P_{AE-eff}	0	0	0	0	0	0	0
Сокращение мощности вследствие инновационной электрической энергоэффективной технологии, кВт	P_{AE}	0	0	0	0	0	0	0
Требуемая мощность ДГ в ходовом режиме, кВт	SFC_{ME}	122,5	132	85,2	120	120	114	97
Удельный расход топлива ГД, г/(кВт·ч)	SFC_{AE}	190	189,5	220	190	190	193	220
Удельный расход топлива ДГ, г/(кВт·ч)	C_{FME}	208	208	230	208	208	208	220
Коэффициент, учитывающий конструктивные особенности судна ледового класса	f_j	1,00	0,84	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Ледовый класс		ЛУ2 (IC)	Ice3 (IB)	Ice1 (~IC)	ЛУ2 (IC)	Ice2 (IC)	ЛУ2 (IC)	Л3 (IB)
Коэффициент, учитывающий уменьшение скорости в обычных погодных условиях	f_W	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Коэффициент готовности инновационной энергоэффективной технологии	f_{eff}	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Коэффициент вместимости судна	f_j	1,058	1,000	1,053	1,052	1,052	1,056	1,126
Поправочный коэффициент на кубическую вместимость	f_e	1	1	1	1	1	1	1
Длина между перпендикулярами		116,94	84,94	131,85	135,69	135,74	122,8	134
Достижимый ККЭЭ		15,35	17,72	14,10	14,80	14,49	19,18	15,08
Требуемый ККЭЭ		15,76	16,77	15,78	15,35	15,26	16,63	15,81
Редукционный коэффициент	X	2,80	1,69	2,77	3,34	3,46	1,83	2,73
	a	107,48	107,48	107,48	107,48	107,48	107,48	107,48
	b	6354	5026	6320	7004	7154	5190	6277
	c	0,216	0,216	0,216	0,216	0,216	0,216	0,216
Достижимый ККЭЭ <= Требуемого ККЭЭ		Да	Нет	Да	Да	Да	Нет	Да
Достижимый ККЭЭ- Требуемый ККЭЭ		0,41	-0,95	1,68	0,54	0,76	-2,55	0,73

пользованием методов вычислительной гидромеханики [2, 3]. В ходе таких исследований был специально разработан теоретический корпус судна с коэффициентом общей полноты 0,93. Применена бульбообразная форма носовой оконечности, кормовая оконечность – транцевая, с полутоннелями и скегом (табл. 6).

Таблица 6
Геометрические характеристики корпуса ССП с коэффициентом общей полноты 0,93

Характеристика	Обозначение	Величина
Длина по ватерлинии	$L_{WL}, \text{м}$	140,660
Ширина	$B, \text{м}$	16,600
Осадка расчетная	$T_F, \text{м}$	3,600
Коэффициент общей полноты	C_B	0,930
Коэффициент полноты площади ватерлинии	C_{WP}	0,973
Коэффициент полноты площади мидель-шпангоута	C_M	0,999
Коэффициент продольной полноты	C_P	0,931
Абсцисса центра величины относительная	$l_{CB}, \%$	1,01
Площадь поперечного сечения бульба на НП	$A_{BT}, \text{м}^2$	4,83
Возвышение центра тяжести площади бульба над ОП	$h_B, \text{м}$	2,193
Погруженная площадь транца	$A_{TR}, \text{м}^2$	5,402
Абсцисса центра цилиндрической вставки (от середины L_{WL})	$x_{PMB}, \text{м}$	2,670
Длина цилиндрической вставки	$L_{PMB}, \text{м}$	96,000
Длина цилиндрической вставки относительная (L _{PMB} /LOA)	$l_{PMB}, \%$	68,1

Для численного исследования буксировочных характеристик судна была подготовлена 3D-модель корпуса судна с выступающими частями и выполнены расчеты методами вычислительной гидромеханики [3]. При этом были учтены выступающие части: канал носового подруливающего устройства (НПУ) диаметром 1200 мм; скуловые кили, размещенные между 4-м и 17-м теорет. шп., в основном в пределах цилиндрической вставки и обтекателя ВРК.

В качестве единых средств, обеспечивающих движение и управление, предусматривалась установка двух полноповоротных ВРК SRP1012 (фирмы «Schottel») с гребными винтами фиксированного шага (ВФШ) в направляющих насадках.

ВРК типа SRP1012 имеют четырехлопастными ВФШ диаметром $D_p = 1,9 \text{ м}$. Геометрические элементы лопастей ВФШ окончательно выбирает производитель с учетом информации о буксировочном сопротивлении корпуса судна и коэффициентах взаимодействия в системе «корпус–двигатель».

Моделирование буксировочных испытаний выполнялось путем решения уравнений Рейнольдса конечно-объемным методом в расчетной области, внутрь которой помещена 3D-модель корпуса судна. Уравнения движения жидкости замкнуты при помощи статистической к-ε модели турбулентности для случая несжимаемой жидкости. Расчеты выполнялись в масштабе натуре с намерением избежать влияния масштабных эффектов и процедур пересчета с модели на натуру [2, 3].

Для прогнозирования результатов ходовых испытаний и ходовых качеств судна в эксплуатации учитывались различия в состоянии поверхности 3D моделей (технически гладкая поверхность) и обшивки корпуса судна после постройки. Результаты расчетов представлены для состояния поверхности натурного судна, которое характеризуется линейным размером шероховатости 40 мкм (технологическая шероховатость).

Полное буксировочное сопротивление включало также воздушное сопротивление в условиях полного штиля.

Общий вид модели дан на рис. 2. Подводная часть, погруженная при расчетной осадке в реке 3,6 м, окрашена коричневым цветом,

район между осадками 3,6 м и 4,6 м – зеленым цветом, надводная часть – красным.

Буксировочное сопротивление и мощность судна, определенные с помощью методов вычислительной гидродинамики, приведены в табл. 7 и на рис. 3. Буксировочное сопротивление получено для условий тихой и глубокой воды.



Рис. 2. Общий вид модели судна

Таблица 7
Значения буксировочного сопротивления и мощности судна

$C_{Air} = 0,100 \cdot 10^{-3}$									
$V_s, \text{уз}$	F_n	$Rn \cdot 10^{-8}$	$C_R \cdot 10^3$	$C_{FO} \cdot 10^3$	$C_A \cdot 10^3$	$C_T \cdot 10^3$	$R_T, \text{кН}$	$P_E, \text{кВт}$	
8,0	0,111	5,085	0,712	1,711	0,038	2,560	70,45	290,1	
8,5	0,118	5,403	0,745	1,698	0,040	2,583	80,23	351,0	
9,0	0,125	5,721	0,794	1,685	0,041	2,621	91,26	422,7	
9,5	0,132	6,039	0,869	1,674	0,042	2,685	104,18	509,4	
10,0	0,139	6,357	0,987	1,663	0,043	2,793	120,05	617,9	
10,5	0,145	6,674	1,179	1,653	0,044	2,976	141,04	762,3	
11,0	0,152	6,992	1,474	1,643	0,045	3,262	169,69	960,8	
11,5	0,159	7,310	1,852	1,634	0,046	3,632	206,49	1222,3	
12,0	0,166	7,628	2,306	1,625	0,047	4,078	252,46	1559,4	
12,5	0,173	7,946	2,890	1,616	0,048	4,655	312,67	2011,7	
13,0	0,180	8,263	3,557	1,609	0,049	5,315	386,14	2583,8	

На рис. 4 приведены составляющие буксировочного сопротивления (в процентах) в зависимости от скорости судна.

Следует обратить внимание, что на интересующих нас скоростях около 10 уз основную роль играют трение и сопротивление формы. Волновое сопротивление при этом незначительно, но уже после 10 уз роль этой составляющей резко вырастает.

С целью проверки результатов этих расчетов в опытовом бассейне ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова под руководством проф. Г.И. Каневского были проведены буксировочные испытания модели этого же судна в масштабе 1:16. Они показали, что значения коэффициента остаточного сопротивления при осадке судна в грузу и в балласте практически совпадают до значения числа Фруда $\sim 0,13$. При числе Фруда $F_n = 0,145$, соответствующем проектной скорости судна $V_s = 10,5 \text{ уз}$, величина просадки судна составила $\Delta T/T_F \approx -0,03$ в грузу и в балласте, а возникающий при движении ходовой дифферент судна в грузу $\psi \approx -0,055^\circ$ и $\psi \approx 0,065^\circ$ в балласте.

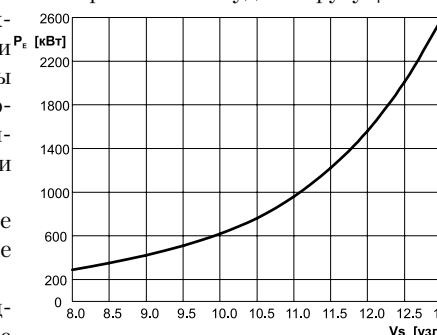


Рис. 3. Буксировочная мощность судна

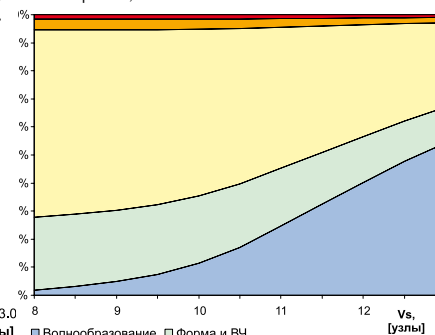


Рис. 4. Составляющие буксировочного сопротивления, %

В статье приведены некоторые примеры визуализации потока воды, обтекающего корпус судна.

На рис. 5 представлен вид на нос модели с распределением давления за вычетом гидростатической составляющей при скорости буксировки 10 уз, на рис. 6 – аналогичный вид на корму.

На рис. 7 (вид на нос) и рис. 8 (вид на корму) изображены свободные поверхности жидкости при скорости буксировки 10 уз.

Для изучения условий работы движителей за корпусом судна выполнены расчеты поля скоростей номинального попутного потока в дисках гребных винтов ВРК. Номинальный попутный поток может быть определен относительно ВРК в целом и относительно изолированного комплекса «винт–насадка». В первом случае попутный поток обусловлен только влиянием корпуса и ВЧ, во втором – также влиянием обтекателей ВРК. Выбор подхода зависит от того, какие исходные данные о гидродинамических характеристиках движителей в свободной воде используются в расчетах ходкости.

Расчеты ходкости выполнены с использованием гидродинамических характеристик серийных винтов Ка 4-70 в направляющих насадках 19А. Поэтому используется номинальный попутный поток, измеренный относительно комплекса «винт–насадка», с учетом обтекателей ВРК как выступающих частей.

Распределение осевой относительной скорости V_A/V номинального попутного потока и векторы скорости в диске левого винта представлены на рис. 9.

Среднее по площади диска значение коэффициента номинального попутного потока с учетом обтекателей ВРК, который действует на комплекс «винт–насадка», составляет $\psi = 0,168$.

Взаимодействие между корпусом судна и движителем характеризуют коэффициент эффективного попутного потока W_T , коэффициент влияния неравномерности попутного потока на пропульсивный КПД i и коэффициент засасывания t_p .

Коэффициент эффективного попутного потока приближенно определен на основе замеров номинального поля скоростей попутного потока в диске движителя $W_T \approx \psi = 0,168$.

Значение коэффициента влияния неравномерности попутного потока принято равным $i = 1,000$.

Наиболее сложно прогнозировать значение коэффициента засасывания t_p , поскольку оно в общем случае может быть определено лишь из модельного или численного эксперимента, в котором непосредственно моделируется работа движителей за корпусом судна. Для отдельных типов судов с учетом особенностей их пропульсивного комплекса построены эмпирические зависимости между основными геометрическими параметрами корпуса и коэффициентами эффективного взаимодействия, а также между коэффициентом попутного потока и засасывания. Однако для судов с ВРК и в целом с азимутальными движителями подобные зависимости, широко апробированные в проектной практике, пока неизвестны.

В этих условиях значение коэффициента засасывания t_p оценено следующим образом: эмпирическая взаимосвязь между коэффициентами попутного потока и засасывания представлена Альте и Бауром [3] в виде $(1-t_p) = (1-W_T)^n$.

Показатель степени n может варьироваться в зависимости от типа судна и пропульсивного комплекса, авторами

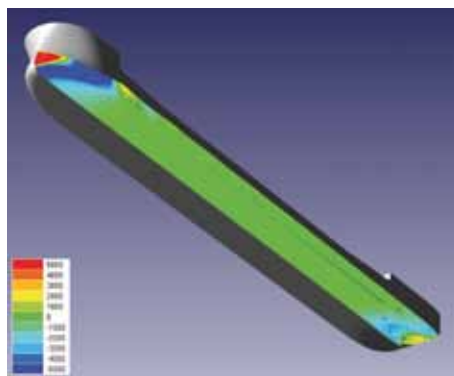


Рис. 5. Распределение давления воды за вычетом гидростатики (шкала в Па). Вид на нос

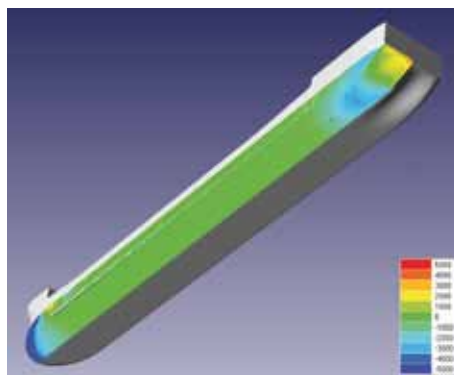


Рис. 6. Распределение давления воды за вычетом гидростатики (шкала в Па). Вид на корму



Рис. 7. Свободная поверхность. Вид на нос



Рис. 8. Картина волнообразования во время буксировки модели

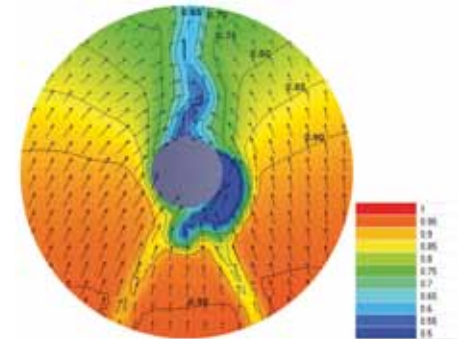


Рис. 9. Распределение осевой скорости V_A/V номинального попутного потока и векторы скорости в диске левого винта

этой формулы для судов традиционного типа предложены пределы $n = 0,4 \div 0,8$. В нашем случае значение n определено с учетом данных оценки ходкости, выполненной специалистами компании «Schottel» для судна близкого типа с ВРК – танкера пр. 005RST01. Согласно этим данным, $W_T = 0,20$, $t_p = 0,25$. Отсюда $n = 1,289$.

Коэффициент засасывания определяется как

$$t_p = 1 - (1 - W_T)^n = 1 - (1 - 0,168)^{1,289} = 0,211.$$

Результаты расчеты оптимальных характеристик винта в насадке и ходовых качеств судна с использованием данных систематических модельных испытаний серии Ка 4-70 в насадке №19А представлены в табл. 8. В ней для каждого приведенного значения скорости хода указаны шаговое отношение гребных винтов P/D_p , число их оборотов и потребная мощность в расчете на один главный двигатель N_E , которые обеспечивают достижение этой скорости в условиях тихой и глубокой воды при 15%-ном морском запасе.

Таблица 8

Расчет оптимального винта и ходовых качеств

$$W_T = 0,168, t_p = 0,211, i = 1,00, \eta_s = 0,95$$

$V_{ср}$ уз	R_T кН	T_R кН	$K_{от}$	n , мин ⁻¹	P/D_p	J	K_T	$10K_Q$	η_0	η_p	N_E , кВт
8,0	70,4	44,6	0,974	187,2	1,2167	0,5780	0,3520	0,5578	0,5806	0,5231	326,2
8,5	80,2	50,8	0,970	199,6	1,2159	0,5760	0,3527	0,5577	0,5798	0,5224	395,3
9,0	91,3	57,8	0,963	212,5	1,2145	0,5728	0,3538	0,5575	0,5785	0,5212	477,1
9,5	104,2	66,0	0,951	226,5	1,2122	0,5673	0,3556	0,5572	0,5763	0,5192	577,2
10,0	120,0	76,1	0,933	242,1	1,2085	0,5586	0,3585	0,5567	0,5725	0,5158	704,7
10,5	141,0	89,4	0,904	260,8	1,2027	0,5445	0,3631	0,5557	0,5663	0,5102	878,9
11,0	169,7	107,5	0,863	283,5	1,1944	0,5247	0,3695	0,5541	0,5569	0,5017	1126,5
11,5	206,5	130,9	0,818	309,8	1,1850	0,5020	0,3767	0,5520	0,5453	0,4912	1463,7
12,0	252,5	160,0	0,772	339,2	1,1753	0,4784	0,3840	0,5494	0,5321	0,4794	1913,4
12,5	312,7	198,1	0,723	373,7	1,1647	0,4524	0,3920	0,5464	0,5165	0,4654	2542,9
13,0	386,1	244,7	0,676	411,3	1,1548	0,4274	0,3995	0,5431	0,5004	0,4508	3371,2

Для оценки полученных результатов полезно сопоставить удельную буксировочную мощность (на 1 м³ объемного водо-

измещения) и удельную эффективную мощность с данными прототипов с примерно такими же соотношениями главных размерений и типом ВРК.

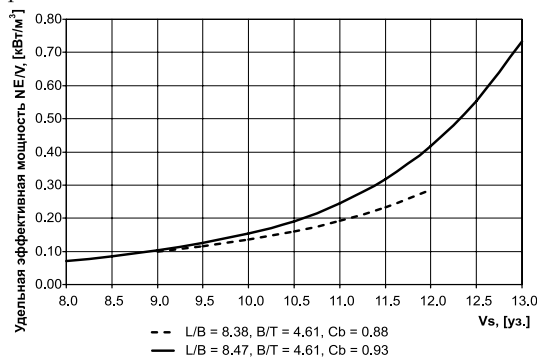


Рис. 10. Зависимость удельной эффективной мощности от скорости для судов с различной полнотой обводов

На рис. 10 приведено сравнение удельной эффективной мощности от скорости для судна, рассмотренного в статье ($L/B = 8,47$, $B/T = 4,61$ и $C_B = 0,93$), с судном-прототипом ($L/B = 8,38$, $B/T = 4,61$ и $C_B = 0,90$). При скоростях выше 10,5 уз наблюдается значительное влияние коэффициента общей полноты обводов на интенсивность увеличения волнового сопротивления.

Полученные в ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова по результатам буксировочных испытаний значения буксировочной мощности танкера смешанного река-море плавания с большой полнотой весьма удовлетворительно согласуются с прогнозом по CFD методу и свидетельствуют об отсутствии на корпусе судна значительных отрывных явлений.

Сравнение экспериментальных зависимостей коэффициента остаточного сопротивления от числа Фруда моделей с нормальной (0,90) и большой полнотой (0,93) обводов также показало, что при посадке в грузу величины C_R для обоих судов достаточно близки.

По данным бассейновых испытаний, в грузу буксировочная мощность «полного» судна отличается на ~ 4% от судна с коэффициентом полноты около 0,90. В балласте буксировочная мощность P_E танкера с большой полнотой обводов выше, чем у танкера с нормальной полнотой, и при проектной скорости $V_s = 10,5$ уз разница составляет ~ 80 кВт (около 13%).

На типичных для судна смешанного река-море плавания скоростях 10 уз влияние коэффициента полноты (для диапазона 0,88–0,93) незначительно.

Этот вывод принципиален и означает, что можно увеличивать коэффициент общей полноты для судов смешанного река-море плавания до 0,93.

Хотя для существующих судов не требуется вычислять ККЭЭ, они подпадают под требования правила 22 Приложения VI к МАРПОЛ, согласно которому на каждом судне должен иметься конкретный План управления энергоэффективностью судна (ПУЭС) – «Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP)». Он должен быть разработан с учетом руководства, приведенного в резолюции МЕРС.213(63) [15]. ПУЭС должен быть на каждом, в том числе существующем, судне 1 января 2013 г. Его наличие проверяется при первом промежуточном освидетельствовании.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Большая часть проектов судов смешанного плавания нового поколения удовлетворяют требованиям по ККЭЭ в существующем виде, что позволяет продолжать их серийное строительство по пр. RST22M, RST25, RST27, RSD49 на отечественных верфях после 1 января 2013 г.

Пока что существует много открытых вопросов относительно требований к энергоэффективности судов. Например, повышение ККЭЭ путем снижения мощности ГД может отразиться на безопасности мореплавания при неблагоприятных

погодных условиях. Для предотвращения такой ситуации ИМО планирует разработать специальное руководство по определению минимальной мощности судовой энергетической установки (п. 21.5 [7]).

Опытные бассейны оспаривают предлагаемое ИМО жесткое нормирование коэффициентов, используемых при пересчете результатов модельных испытаний на натуре, на основании статистических данных натурных испытаний. Сегодня для этих целей используются последние достижения в области вычислительной гидродинамики [6].

В настоящий момент правилами не предусматривается возможность определения пропульсивных характеристик судна путем компьютерного моделирования с использованием методов вычислительной гидродинамики. Хотя этот подход получает все большее распространение в последние годы.

В октябре 2012 г. должна была пройти очередная сессия Комитета по защите окружающей среды ИМО, на которой ожидалось уточнение и дополнение существующих требований к энергоэффективности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гришкин В.В. О деятельности в области сокращения выбросов парниковых газов с судов // Науч.-техн. сб. Российского Морского Регистра судоходства. – 2011. Вып. 34. – С. 153–166.
2. Егоров Г.В. Проектирование судов ограниченных районов плавания на основании теории риска. – СПб.: Судостроение, 2007. – 384 с.
3. Егоров Г.В., Каневский Г.И., Станков Б.Н. Исследование ходовых качеств судна смешанного плавания большой полноты с винторулевыми колонками // Морская Биржа. – 2011. – №4 (38). – С. 16–20.
4. Егоров Г.В., Ильицкий И.А., Станков Б.Н., Печенюк А.А. Проработка вариантов пропульсивного комплекса судна смешанного плавания класса «Волго-Дон макс» // Морской вестник. – 2011. – №2 (38). – С. 101–106.
5. Егоров Г.В., Тюлюк В.И., Станков Б.Н., Печенюк А.В. Оптимизация обводов судна смешанного плавания класса «Волго-Дон макс» // Морской вестник. – 2012. – №1 (41). – С. 71–77.
6. Пустошный А.В. Energy efficiency design index – новая реальность от ИМО // Судостроение. – 2012. – №1. – С. 11–17.
7. Резолюция МЕРС.203(62). Поправки к приложению к протоколу 1997 года об изменении международной конвенции по предотвращению загрязнения с судов 1973 года, измененной протоколом 1978 года к ней (Включение правил энергоэффективности для судов в Приложение VI к Конвенции МАРПОЛ).
8. Cerup-Simonsen B., de Kat J. O., Jakobsen O.G., Pederson L.R., Peterson J.B., Posborg T. An Integrated Approach towards Cost-Effective Operation of Ships with Reduced CNG Emissions // Trans. SNAME. – 2010. – Vol. 118. – SNAME, New Jersey: Published 2012. – P. 381–396.
9. Gratsos G.A., Psarafitis H.N., Zachariadis P. Life-cycle CO₂ emissions of bulk carriers // Trans. RINA. – Vol. 152, Part A3. – International Journal of Marine Engineering. – 2010. – Jul–Sep. – P. A-119–A-134.
10. Implementing the Energy Efficiency Design Index (EEDI). Guidance for owners, operators and shipyards. – Lloyd's Register, 2012.
11. Kopke M., Sames C. Pierre. Outlook CO₂ Emissions of the Worldwide Container ship fleet and Possible Reduction Targets // Germanischer Lloyd nonstop. – 2011. – Issue 2. – P. 63–71.
12. МЕРС 60/4/35. Prevention of Air Pollution from Ships, Mandatory EEDI requirements. – Draft text for adding a new part to MARPOL Annex VI for regulation of the energy efficiency of ships.
13. Murphy A.J., Weston S.J. Reducing fuel usage and CO₂ emissions from tug boat fleets: sea trials and theoretical modeling // Trans. RINA. – Vol. 154, Part A1. – International J. of Marine Engineering. – 2012. – Jan–Mar. – P. A-31–A-41.
14. Ozaki Y., Larkin J., Baker C., Tikka K., Michel K. An Evaluation of the Energy Efficiency Design Index (EEDI) Baseline for Tankers, Containerships and LNG Carriers // Trans. SNAME. – 2010. – Vol. 118. – SNAME, New Jersey: Published 2012. – P. 162–P. 179.
15. Resolution МЕРС.213(63). 2012 guidelines for the development of a ship energy efficiency management plan (SEEMP).
16. Resolution МЕРС.214(63). 2012 guidelines on survey and certification of the energy efficiency design index (EEDI).
17. Resolution МЕРС.212(63). 2012 guidelines on the method of calculation of the attained energy efficiency design index (EEDI) for new ships.
18. Rules for Classification and Construction. VI Additional Rules and Guidelines. 13 Energy Efficiency. 1 Guidelines for Determination of the Energy Efficiency Design Index. – Germanischer Lloyd, 2012.
19. Stott P.W., Wright P.N.H. Opportunities For Improved Efficiency and Reduced CO₂ emissions in dry bulk shipping stemming from the relaxation of the Panamax beam construction // Trans. RINA. – Vol. 153, Part A 4. – International Journal of Marine Engineering. – 2011. – Oct–Dec. – P. A-215–A-229. ■

При разработке информационной поддержки операторов, обслуживающих техническую систему, важную роль играют методы статистической обработки измерительной информации, поступающей в реальном времени от датчиков (извещателей) контрольно-измерительного комплекса.

Необходимо признать, что при реализации процесса обработки такой информации и формировании на ее основе управляющих воздействий на систему объективно возникают проблемы, связанные с динамической и статистической неопределенностями. Учет этих проблем, а также разработка методов их нивелирования позволяют наряду с повышением быстродействия системы обработки информации существенно снизить вероятность принятия ложного решения. Частично эти вопросы были проанализированы в работах [1, 2]. В данной статье рассмотрены методы построения алгоритмов оценки состояния технической системы, повышения их динамической и статистической устойчивости в условиях априорной неопределенности в отношении динамики изменения контролируемых параметров, а также неопределенности законов распределения случайных результатов измерения.

МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ АЛГОРИТМОВ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

При оценке системы можно задать ее текущее состояние с помощью многомерного вектора измеряемых параметров (ИП):

$$X_{\langle m \rangle} = (X_1, \dots, X_m)^T \in X^m, \quad (1)$$

где X^m – пространство ИП.

В ряде случаев элементы вектора X рассматриваются как неизвестные, но вполне определенные детерминированные величины.

В трактах объект–датчик и датчик–приемник на полезный сигнал, несущий информацию о состоянии объекта, действуют помехи, имеющие случайный характер. Часть ошибок приема этой информации и ее преобразования также случайна. Помехи относительно полезных сигналов обладают свойствами аддитивности и мультипликативности. Таким образом, правомерно предположение, что в общем случае вектор X случаен и может быть определен с точностью числовых характеристик:

$$X_j = E\{X^j\} + W^j; j = 1, \dots, m, \quad (2)$$

где $E\{\bullet\}$ – оператор математического ожидания; W_j – случайная величина.

Построение превентивной оценки изменения состояния системы требует прогнозируемого значения многомерного вектора X , т.е. формирования динамической модели контролируемого объекта во времени в виде случайного процесса $X(t)$. В этом случае уместна методика моделирования, основанная на стохастических дифференциальных уравнениях динамики вида

$$\dot{X}(t) = S[X(t), W(t)], \quad (3)$$

где $S[\bullet]$ – некоторый, в общем случае нелинейный оператор.

Однако анализ динамики реальных процессов изменения обстановки показывает, что в большинстве практических случаев векторное уравнение (3) удастся свести к линейной или линеаризованной схеме с погрешностями (шумами системы) вида

$$\dot{X}(t) = F(t)X(t) + G(t)W(t), \quad (4)$$

где $F(t)$ – фундаментальная матрица системы; $G(t)$ – заданная матрица Якоби.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЕГО ИЗМЕНЕНИЯ

В.А. Колесник, д-р техн. наук, проф., зам. генерального директора,
В.А. Солонько, канд. техн. наук, председатель Совета директоров,
ЗАО «НПО Севзапсавтоматика»,
А.В. Макшанов, д-р техн. наук, проф. СПбГУВК,
контакт. тел. +7 921 341 8771

При этом применение линеаризации модели динамики, как правило, связано с техникой малых отклонений, когда в качестве элементов вектора $X(t)$ используют поправки с априорно ожидаемыми (прогнозируемыми) величинами $\tilde{X}(t)$. В дискретном случае соответствующее уравнение динамики изменения состояния контролируемой системы имеет вид разностного уравнения

$$X_{K+1} = \Phi_{K+1} X_K + \Gamma_{K+1} W_{K+1}, \quad (5)$$

где Φ_{K+1} – переходная матрица системы; Γ_{K+1} – переходная матрица возмущений системы.

Решение векторного неоднородного дифференциального уравнения (4) имеет следующий вид:

$$X(t) = \Phi(t, t_0) X(t_0) + \int_{t_0}^t \Phi(t, \lambda) G(\lambda) W(\lambda) d\lambda. \quad (6)$$

Соответствующее решение разностного уравнения (5) определяется выражением

$$\Phi_K = \Phi_{K/0} X_0 + \sum_{i=1}^K \Phi_{K/i} \Gamma_i W_i. \quad (7)$$

В большинстве задач, рассматриваемых в рамках теории наблюдения динамических систем, в качестве начального допущения принимается, что шумы системы образуют стационарный, гауссовский процесс типа «белого шума» с нулевым средним и известной корреляционной матрицей, т.е.

$$W_K \in N[0, Q_K, \delta_K], \quad K, j = 1, \dots, n, \quad (8)$$

где Q_K – корреляционная матрица $E\{W_K W_K^T\}$; δ_{kj} – символ Кронекера.

Важнейшее достоинство представленных динамических моделей – возможность учета влияния возмущающих факторов различной физической природы введением дополнительных членов в правые части дифференциальных (3) и разностных (5) уравнений.

Однако в большинстве практических случаев точная идентификация таких факторов крайне сложна. В этом случае изменение многомерного вектора состояния объекта наблюдения может быть описано сравнительно простыми кинематическими моделями, например, схемой полиномиальности аппроксимации с переходной матрицей

$$\Phi_{K+1/K} = \begin{pmatrix} 1 & t & t^2/2 & \dots & t^N/N! \\ 0 & 1 & t & \dots & t^{N-1}/(N-1)! \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \end{pmatrix} \quad (9)$$

Погрешности в совокупности измерений приводят к необходимости построения алгоритмов оценивания измеряемых параметров. Таким образом, приходится иметь дело не с точным, а с приближенным значением вектора состояния контролируемого объекта.

Статистический синтез алгоритмов оценивания измеряемых параметров основан на нахождении аргумента, обеспечивающего экстремальное значение выбранного показателя качества. Наибольшее распространение нашел квадратичный показатель, когда оценка измерения вычисляется по уравнению

$$\tilde{X}_N = \arg \min V_W(x, z), \quad (10)$$

где W – весовая матрица,

$$V^W(x, z) = E\{(z - Ax^0)^T W(z - Ax^0)\}, \quad (11)$$

A – матрица Якоби в модели наблюдений.

Определение оценки $\tilde{X}_N$ совместной обработки измерений $\{z_k, k = 1, \dots, N\}$ приводит к известной оценке метода наименьших квадратов (МНК):

$$X_N = S_W z, \text{ где } S_W = (A^T W A)^{-1} A^T W – \text{МНК-оператор.}$$

МНК-оценка совпадает с оценкой по методу максимального правдоподобия, но лишь в случае гауссовского закона распределения погрешности измерений.

Качественное развитие теории оценивания приобретает на основе калмановской концепции фазового пространства, позволяющей перейти к дифференциальной схеме последовательной обработки информации [3].

Фазовый вектор линейной системы оценивается с учетом случайных возмущений и ошибок измерений.

Так как задача определения многомерного вектора измеряемых параметров должна решаться в реальном масштабе времени, в калмановском фильтре применяется оптимальная схема последовательной обработки, т.е. математическая конструкция, позволяющая оценить потенциальную точность определения искомого вектора состояния подконтрольного объекта. Но при таком подходе проявляется так называемое «проклятие размерности», так как объем вычислительных затрат, связанных с реализацией фильтра Калмана, возрастает пропорционально третьей степени от размерности контролируемого вектора состояния. Поэтому построение следающего фильтра с размерностью выше 5–6 не рационально при вычислениях. В то же время переход к банку одномерных фильтров нежелателен, так как при этом теряется важная информация о структуре корреляционных связей.

Таким образом, оптимальная схема сводится к формированию групп параметров, входящих в вектор состояния объекта, причем в каждой группе число параметров не должно превышать 5 – 6. Задача наблюдения объекта сводится к применению α следящих фильтров, каждый из которых имеет размерность $\dim\{X_r\} = m_r \leq m^* = 5-6$ ($r = 1, \dots, \alpha$). При этом результирующая корреляционная матрица будет иметь блочную структуру с размером каждого блока $m_r \times m_r$.

На практике необходимо считаться с проблемами, связанными с оцениванием многомерного вектора состояния объекта в условиях неполной априорной информации относительно структуры исходных данных. Следовательно, реально имеется существенная неопределенность динамических и статистических характеристик проводимых измерений. Динамическая неопределенность обуславливается неточными сведениями о законе изменения контролируемых параметров.

Особенностью фильтра Калмана является быстрое убывание коэффициента передачи, определяющего значимость корректирующего члена фильтра. В результате с течением времени основную роль начинает играть прогнозирующий член, целиком зависящий от априорной настройки фильтра. Поэтому некорректное задание переходной матрицы, обусловленное неточно определенной моделью, неизбежно приводит к накоплению ошибок, а в предельном случае – к потере устойчивости процесса оценивания.

Основной подход к повышению динамической устойчивости следящих фильтров состоит в увеличении коэффициента передачи, т.е. в повышении значимости корректирующего члена. Этот подход ведет к построению субоптимальных фильтров. Кроме того, традиционные способы оценивания состояния объекта, основанные на МНК, методах максимального правдоподобия, максимума апостериорной вероятности и т.д., не обладают устойчивостью к отклонениям характеристик исходных данных от предполагаемых. Это также значительно снижает эффективность процедур обработки. Поэтому акту-

альна задача обеспечения устойчивости алгоритмов статистической обработки к вариациям исходных предположений о характере и объеме измерительной информации.

Одно из наиболее распространенных предположений, как отмечено выше, это предположение о нормальном характере распределения погрешностей измерений. В реальных же ситуациях отклонение истинной кривой распределения от нормального закона будет проявляться в виде асимметрии, эксцесса, «утяжеления» хвостов распределения. Поэтому все процедуры, реализуемые алгоритмами обработки измерительной информации и построением на ее основе прогноза о состоянии объекта, должны быть подвержены робастификации.

Таким образом, в основу математической модели оценки состояния технической системы предлагается положить нелинейную вероятностную динамическую систему, описываемую дифференциальными уравнениями, которые в случае дискретного времени могут быть локально линеаризованы:

$$X_{K+1} = \Phi_{K+1|K} X_K + \Gamma_{K+1} W_{K+1}; Y_K = H_K X_K + V_K. \quad (12)$$

Динамическая система (12) может быть интерпретирована как модель нормального функционирования контролируемого объекта в отсутствии сбоев в его работе. В качестве модели сбоя принимаются аддитивные эффекты в уравнениях динамики и измерений, соответствующие случаю ненулевого математического ожидания у случайных векторов возмущений и шумов измерений.

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ АЛГОРИТМОВ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТА

Обоснование и постановка задачи. Как правило, основная причина потери динамической устойчивости процесса оценивания многомерного вектора состояния контролируемого объекта – несовпадение математической модели, используемой при выводе уравнений оптимальной фильтрации, и характеристик реальных процессов. При этом возникают ошибки, обусловленные динамическим смещением оценок вектора состояния объекта контроля.

Высокая чувствительность алгоритма фильтрации к ошибкам модели обусловлена самой структурой оптимального метода оценивания. Действительно, в случае выполнения предпосылки об абсолютно адекватной модели при постановке задачи оптимальной фильтрации корректирующий член фильтра Калмана целесообразно сохранять значимым лишь на этапе обработки рассогласований, вызванных неточным заданием начального состояния объекта. В связи с этим, коэффициент передачи фильтра, входящий множителем в корректирующий член, с увеличением интервала наблюдений асимптотически устремляется к нулю, при этом на начальном участке слежения за объектом выбирается из условия минимума дисперсии погрешности оценивания. Реализация указанных требований приводит к построению оптимального по квадратичному критерию коэффициента передачи, динамика изменения которого определяется эволюцией ковариационной матрицы ошибок фильтрации, описываемой уравнением Риккати.

Очевидно, что приведенная структура неустойчива к любым ошибкам модели. Действительно через некоторый промежуток времени, определяемый параметрами уравнения Риккати, корректирующий член теряет значимость, и любая ошибка модели, вносящая погрешность в элементы переходной матрицы, будет накапливаться со скоростью, превышающей скорость роста геометрической прогрессии с матричным коэффициентом $\Phi_{K+1|K}$. Более того, даже при отсутствии ошибок в модели процесс оценивания будет расходящимся в силу вычислительных погрешностей и ограниченности разрядной сетки ЭВМ. Особенно сильно проявляются ошибки вычислений при расчете ковариационной матрицы ошибок фильтрации. Наличие накапливающихся погрешностей при-

водит к тому, что ковариационная матрица теряет положительную определенность и симметричность, что в свою очередь, вызывает непредсказуемые изменения коэффициента передачи фильтра.

Таким образом, возникает проблема динамической устойчивости следящего фильтра, приводящая к объективной необходимости модификации оптимальной калмановской структуры.

Очевидно, что основные направления в повышении динамической устойчивости фильтра Калмана связаны с формированием коэффициента передачи, сохраняющего значимость при любом времени. При этом получаемые структуры субоптимальны по отношению к калмановской схеме в условиях полной неопределенности, однако, в реальных условиях они более устойчивы и поэтому обеспечивают более высокие точностные характеристики режима слежения. Качество функционирования соответствующих субоптимальных структур будет определяться тем, насколько удачно выдержан баланс между прогнозирующим и корректирующим слагаемыми фильтра, между априорной информацией (математической моделью) и характеристиками получаемых измерений.

Ниже предлагается ряд схем субоптимальных фильтров, обладающих повышенной динамической устойчивостью.

Обобщенный фильтр Калмана (ОФК). ОФК определяется теми же соотношениями, что и обычный фильтр Калмана (ФК), однако ковариационная матрица шумов системы оценки состояния контролируемого объекта Q_k выбирается так, чтобы с заданным уровнем доверия (гарантии) обеспечить учет возможных вариаций динамики системы по отношению к принятой модели.

Так, например, если динамика объекта наблюдения описывается моделью с постоянной скоростью изменения наблюдаемых параметров

$$\dot{Q}_i = Q_{i+1}; \dot{Q}_{i+1} = W_i; i = 1, 3, 5, \dots,$$

где $Q = (Q_1, Q_2, \dots, Q_6)^T = (X, \dot{X}, Y, \dot{Y}, Z, \dot{Z})^T$, а в случае внешних возмущений – моделью с постоянным ускорением $Q_i = Q_{i+1}; Q_{i+1} = Q_{i+2}; Q_{i+2} = W_i; i = 1, 4, 7$, то величина W_i выбирается пропорционально ожидаемой величине ускорения. При этом значение матрицы ошибок фильтрации P_k , а следовательно, и коэффициент передачи B_k фиксируются на ненулевом уровне и не допускают в цепи обратной связи разрыва, приводящего к потере чувствительности фильтра к вновь поступающим измерениям.

В ряде случаев удается подобрать величину W на основе априорного анализа методом статистических испытаний. При этом величина W выбирается такой, чтобы обеспечить наилучшее согласование матрицы ошибок фильтрации P с ее значением P , полученным методом Монте-Карло.

Очевидно, что указанное согласование не касается случая, когда значение P , найденное в результате решения уравнения Рикати, стабилизируется на нулевом уровне.

Приведенная методика сохраняет неопределенность, относящуюся к возможным вариациям параметров ускорения изменения параметров W .

В связи с этим в ряде случаев возможен гарантированный подход, когда значения элементов W принимают, исходя из величины верхней границы диапазона возможных значений. Указанное направление в выборе величины W относится к совокупности методов, основанных на понижении чувствительности оценок к неопределенности в динамике изменения параметров контролируемой системы.

Недостаток гарантированных методов – потенциальная возможность получения излишне пессимистических результатов, приводящая к снижению точности слежения в качестве «платы» за устойчивость процесса оценки состояния объекта.

Альтернативный подход к учету динамической неопределенности основан на адаптивном уточнении элементов матрицы Q (или самого коэффициента передачи B) по результатам измерений.

Существует метод адаптации, основанный на перестройке матрицы в случае, когда оценка ковариации обновляющегося процесса не соответствует величине

$$R_{k+1}^{\hat{y}} = H_{k+1} P_{k+1} H_{k+1}^T + R_{k+1}, \quad (13)$$

отвечающей условию оптимальной фильтрации. $R_{k+1}^{\hat{y}}$ – матрица шумов измерений.

Величину $R_{k+1}^{\hat{y}}$ находим через оценку корреляционной функции

$$\hat{p}_i = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \lambda_i \lambda_i^T \quad (14)$$

в предположении об эргодическом характере обновляющегося процесса в выбранном интервале.

Теоретическое значение корреляционной функции вычисляют из соотношения

$$\hat{p}_i = E\{\lambda_i \lambda_{i-j}^T\} = \begin{cases} H P_{\infty} H^T + R, & \text{если } j = 0 \\ H [\Phi^T (I - B H)]^{j-1} \Phi [P_{\infty} H^T B R_0], & \text{если } j > 0 \end{cases}, \quad (15)$$

где P_{∞} – установившееся значение решения уравнения Рикати; B – коэффициент передачи фильтра Калмана.

Основной недостаток адаптивных методов состоит в том, что они, как правило, усложняют обработку в реальном масштабе времени, требуют существенной информации или структурной избыточности. Данный метод коррекции коэффициента передачи основан на модификации элементов матрицы Q , однако предложенный подход может быть отнесен и к перестройке элементов матрицы шумов измерений R .

Экспоненциальный фильтр (ЭФ). Данный алгоритм представляет собой фильтр с затухающей памятью и обеспечивает взвешивание поступающих измерений с коэффициентом, определяемым экспоненциальной функцией. При этом прогнозируемая матрица ошибок фильтрации $P_{k+1|k}^E$ выражается линейно через соответствующую матрицу $P_{k+1|k}$ фильтра Калмана:

$$P_{k+1|k}^E = \alpha P_{k+1|k}, \quad \text{где } \alpha > 1.$$

Выражение для матрицы $P_{k+1|k}$ сохраняется. Данный случай соответствует представлению ковариационной матрицы ошибок измерений вида $R_i^E = R_i \alpha^{k-i}$, где $i = 1, \dots, k$; k – текущее время.

Используя априорные данные о возможных ошибках модели, можно рассчитать оптимальное значение α . Очевидно, что данное определение также может быть реализовано на основе гарантированного или адаптивного подходов.

Фильтр с постоянным коэффициентом передачи (ФПКП). В ряде случаев оказывается целесообразным перейти к алгоритмам фильтрации, основанным на простых вычислительных схемах. Примером такого алгоритма служит ФПКП. Очевидно, что оптимальный коэффициент передачи ФПКП определяется для установившегося вида уравнения Рикати. При этом получение ненулевого значения коэффициента передачи связано с выбором величины ковариационной матрицы шумов системы Q , отвечающей возможным вариациям шумов системы.

Наибольшее распространение нашел $\alpha - \beta - \gamma$ - фильтр, построенный в предположении о полной независимости трех пространственных координат. При этом коэффициент передачи для случая динамики, описываемой моделью с постоянным ускорением:

$$B_{k+1} = \alpha, \frac{\beta}{t_{k+1} - t_k}, \frac{2\gamma}{(t_{k+1} - t_k)^2},$$

где коэффициенты α, β, γ выбирают из условия возможных вариаций динамики. И в этом случае возможен гарантированный и адаптивный подходы.

Фильтр с конечной памятью (ФКП). Одно из наиболее перспективных направлений в развитии методов субоптимальной фильтрации связано с разработкой ФКП, реализующих процедуру оценивания на сколь угодно интервале наблюдений. Достоинство указанного фильтра – наличие свободного параметра – размера окна наблюдения, позво-

ляющего реализовать компромисс между требованиями к качеству сглаживания случайных погрешностей измерений и к обеспечению динамической устойчивости фильтра в условиях неадекватности априорной модели и реального входного воздействия.

Среди возможных схем построения ФКП наиболее конструктивные результаты были получены для однородной модели состояния с соответствующими уравнениями фильтра:

$$\tilde{X}_K = P_{K|K-1} (P_K^{-1} \tilde{X}_K - P_{K|K-1}^{-1} \tilde{X}_{K|K-1}); P_{K|K-1}^{-1} = P_K^{-1} - P_{K|K-1}^{-1}, \quad (16)$$

где $\tilde{X}_K, \tilde{X}_{K|K-1}$ – калмановские оценки состояния на K -й момент времени, построенные, соответственно, по K -му и $K-1$ -му наблюдениям; $P_K, P_{K|K-1}$ – условные ковариационные матрицы ошибок фильтрации.

Основное достоинство ФКП – возможность реализации принципа локальной аппроксимации, позволяющей отслеживать высокочастотные процессы статистическими фильтрами, настроенными на модель более низкого порядка. Предположение о том, что модель системы свободна от шумов, допустимо, если на интервале наблюдения динамика процесса близка к детерминированной. Однако в тех случаях, когда необходим учет возмущающих воздействий более высокого порядка, возникает необходимость в ФКП, синтезированном с учетом ненулевых составляющих в правой части уравнения динамики.

АЛГОРИТМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТА

Алгоритм робастного локально-полиномиального сглаживания при коррелированных шумах измерений. При алгоритмическом обеспечении комплекса оценки и прогнозирования состояния контролируемого объекта, базирующемся на анализе измерительной информации, поступающей от датчиков (извещателей), возникает задача робастного адаптивного сглаживания динамических характеристик скользящими полиномами с одновременной идентификацией квазистационарного шумового процесса.

Предлагается ряд практических подходов к решению данной задачи:

1. Сглаживание в закреплённой точке при фиксированном окне.

Пусть имеющаяся эмпирическая зависимость измеряемого параметра от внешних условий локально, на промежутке (окне) $[\tau-l, \tau+l]$ удовлетворяет модели

$$y(s) = P_m(s) + \xi(s); s = \tau-l, \tau-l+1, \dots, \tau+l, \quad (17)$$

где $P_m(s)$ – полином степени m , а стационарный эргодический случайный процесс $\xi(s)$ подчиняется схеме авторегрессии известного порядка $p \ll l$, удовлетворяющей условиям устойчивости:

$$P_m(t) = \sum_{j=0}^m a_j t^j; \xi(t) = \sum_{i=1}^p p_i \xi(t-i) + \eta(t); t = s - \tau; E\eta(t) = 0; E[\eta(t_1)\eta(t_2)] = \sigma^2 \delta(t_1 - t_2). \quad (18)$$

Требуется оценить коэффициенты полинома $a = (a_0, \dots, a_m)^T$, параметры авторегрессии $p = (p_1, \dots, p_p)^T$ и интенсивность σ^2 порождающего шума $\eta(t)$, который считаем гауссовским. Необходимо отметить, что, во-первых, обычно интерес представляют не сами коэффициенты $a_0, \dots, a_m$, а значение полинома P_m в некоторой точке t , чаще всего при $t = 0$ [4]. Во-вторых, условия, при которых приводимые ниже асимптотические результаты остаются верными в случае негауссовских шумов, что описано в работе [4].

Асимптотически – оптимальные (для $l \rightarrow \infty$) оценки параметров Q можно получить на основе стандартной процедуры МНК из линейной модели:

$$Y(\tau-l, \tau+l) = B(\tau-l, \tau+l)Q + H(\tau-l, \tau+l), \quad (19)$$

где

$$Y(\tau-l, \tau+l) = [Y(\tau-l), Y(\tau-l+1), \dots, Y(\tau+l)]^T;$$

$$Q = (p_1, \dots, p_p, \gamma_0, \dots, \gamma_m)^T;$$

$$H(\tau-l, \tau+l) = [\eta(\tau-l), \eta(\tau-l+1), \dots, \eta(\tau+l)]^T;$$

$$B(\tau-l, \tau+l) = [B_1(\tau-l, \tau+l), B_2(\tau-l, \tau+l)];$$

$$B_1(\tau-l, \tau+l) = \{Y(k-i)\}, \tau-l \leq k \leq \tau+l, 1 \leq i \leq p;$$

$$B_2(\tau-l, \tau+l) = \{k^j\}, \tau-l \leq k \leq \tau+l, 0 \leq j \leq m,$$

а величины $\gamma = \{\gamma_0, \dots, \gamma_m\}^T$ связаны с исходными векторами α, ρ системой соотношений:

$$\gamma_s = a_s \delta_s + \sum_{K=1}^{m-s} (-1)^{K+1} (k^{s+K}) a_{s+K} \delta_K, \quad (20)$$

где $\delta_0 = 1 - p_1 - \dots - p_p, \delta_l = p_1 + 2^l p_2 + \dots + l^l p_l, 0 < l \leq m$.

Оптимальность получаемых при этом МНК-оценок ρ, γ , для $l \rightarrow \infty$ следует из известных результатов Манна и Вальда. Способ построения ковариационной матрицы оценок $\tilde{\alpha}$, получаемых из ρ, γ на основе выражения (20), предложен в работе [6].

2. Рекуррентное сглаживание на скользящем окне $\tilde{Q}(\tau-l, \tau+l)$.

Обозначим МНК-оценку, полученную на основе модели (19), через $\tilde{Q}(\tau-l, \tau+l)$, так, что оценка значения сглаживающего полинома $\tilde{P}_m(t)$ в точке t будет равно

$$\tilde{P}_m(t) = T^T \tilde{Q}(\tau-l, \tau+l), T = (1, t, \dots, t^m)^T. \quad (21)$$

Введем обозначение $b^T(k)$ для k -й строчки матрицы B . В этом случае переход от $\tilde{Q}(\tau-l, \tau+l)$ к $\tilde{Q}(\tau-l+1, \tau+l+1)$ описывается следующей системой соотношений:

$$\begin{aligned} \tilde{Q}(\tau-l, \tau+l+1) &= \tilde{Q}(\tau-l, \tau+l) + \\ &+ K(\tau-l, \tau+l) \left[y(\tau+l+1) - b^T(\tau+l+1) \tilde{Q}(\tau-l, \tau+l) \right]; \\ K(\tau-l, \tau+l) &= \sum (\tau-l, \tau+l) b(\tau+l+1) \rightarrow \end{aligned} \quad (22)$$

$$\leftarrow [I + b^T(\tau+l+1) \times \sum (\tau-l, \tau+l) b(\tau+l+1)]^{-1};$$

$$\sum (\tau-l, \tau+l+1) = \sum (\tau-l, \tau+l) - K(\tau-l, \tau+l) b^T \times \times (\tau+l+1) \sum (\tau-l, \tau+l);$$

$$\begin{aligned} \tilde{Q}(\tau-l+1, \tau+l+1) &= \tilde{Q}(\tau-l, \tau+l+1) - G(\tau-l, \tau+l+1) \times \\ &\times [y(\tau-l+1) - b^T(\tau-l+1) \tilde{Q}(\tau-l, \tau+l+1)]; \end{aligned} \quad (23)$$

$$G(\tau-l, \tau+l+1) =$$

$$= \sum (\tau-l, \tau+l+1) b(\tau-l+1) [I - b^T(\tau-l+1) \sum (\tau-l, \tau+l+1)]^{-1}.$$

Или

$$\begin{aligned} G(\tau-l, \tau+l+1) &= \left\{ \prod_{k=1}^l [I - K(\tau-l-k, \tau+l+1-k)] \rightarrow \right. \\ &\leftarrow [I + G(\tau-l-k, \tau+l+1-k)] K(\tau-2l, \tau); \end{aligned} \quad (24)$$

$$\begin{aligned} \sum (\tau-l+1, \tau+l+1) &= \\ &= [I + G(\tau-l, \tau+l+1) b^T(\tau-l+1) \times \sum (\tau-l, \tau+l+1)]. \end{aligned} \quad (25)$$

Процедура (24) указывает путь к построению робастного аналога предложенной процедуры, так как позволяет свести вопрос о робастном забывании к вопросу о выработке в робастной форме коэффициента передачи K . Используя для этого упрощенный вариант метода, предложенного в работе [7], можно получить аналог выражения (22):

$$\begin{aligned} \tilde{Q}(\tau-l, \tau+l+1) &= \tilde{Q}(\tau-l, \tau+l) + \\ &+ \sum (\tau-l, \tau+l+1) b(\tau+l+1) \psi[u(\tau+l+1)], \end{aligned} \quad (26)$$

где

$$u(\tau+l+1) = y(\tau+l+1) - b^T(\tau+l+1) \tilde{Q}(\tau-l, \tau+l);$$

$$\begin{aligned} \sum^{-1}(\tau-l, \tau+l+1) &= \\ &= \sum^{-1}(\tau-l, \tau+l) + b(\tau+l+1) b^T(\tau+l+1) \psi^1[u(\tau+l+1)]; \end{aligned} \quad (27)$$

$\psi(z)$ – стандартная функция робастной статистики [7].

Тогда робастный коэффициент передачи будет иметь вид

$$\tilde{K}(\tau-l, \tau+l) = \sum (\tau-l, \tau+l+1) b(\tau+l+1) \frac{\psi v(\tau+l+1)}{v(\tau+l+1)}. \quad (28)$$

Повышение надежности прогноза состояния контролируемого объекта робастификацией рекурсивных оценок с конечной памятью. Повышение надежности прогноза об изменении состояния контролируемого объекта возможно путем построения робастных аналогов для процедур рекуррентного МНК, реализуемых в форме скользящего окна при разработке прогнозирующих алгоритмов. Подобные процедуры обладают свойством конечной памяти, что обсуждалось выше.

1. Рекуррентный МНК на скользящем окне.

Пусть в стандартной ситуации общая линейная модель процесса измерения параметров, характеризующих состояние контролируемого объекта, выражается зависимостью

$$Y = AQ + \sum, \quad (28)$$

где $Y = (y_1, \dots, y_N)^T$ – вектор измерений; $A = (A_1^T, \dots, A_N^T)^T$ – матрица, где $A_i^T = (a_{i1}, \dots, a_{ip})$, (i – строка матрицы A); $Q = (v_1, \dots, v_p)^T$ – вектор оцениваемых параметров; $\sum = (\xi_1, \dots, \xi_N)^T$ – вектор случайных погрешностей измерений, подчиняющихся нормальному закону $N_N(0, \sigma^2, I)$.

Тогда оценку по МНК $Q(n, n+l)$ получают на основе измерений $y_{n+1}, \dots, y_{n+l}$ с использованием строк матрицы A , начиная с $(n+1)$ -й и оканчивая $(n+l)$ -й.

Обозначим:

$$Y(n, n+l) = (y_{n+1}, \dots, y_{n+l})^T; A(n, n+l) = (A_{n+1}^T, \dots, A_{n+l}^T)^T.$$

Блок, состоящий из l строк матрицы A :

$$\sum(n, n+l) = [A^T(n, n+l)A(n, n+l)]^{-1} \quad (29)$$

Тогда

$$Q(n, n+l) = \sum(n, n+l)A^T(n, n+l)Y(n, n+l). \quad (30)$$

Эволюция оценки $Q(n, n+l)$ при изменении n можно описать следующей системой рекуррентных соотношений.

Оператор введения нового измерения

$$\tilde{Q}(n, n+l+1) = Q(n, n+l) + K^{(1)}(n, n+l) [y_{n+l+1} - A_{n+l+1}^T Q(n, n+l)];$$

$$K^{(1)}(n, n+l) = \sum(n, n+l)A_{n+l+1} [I + A_{n+l+1}^T \sum(n, n+l)A_{n+l+1}]^{-1}; \quad (31)$$

$$\sum(n, n+l+1) = [I - K^{(1)}(n, n+l)A_{n+l+1}^T] \sum(n, n+l).$$

Или в развернутой форме

$$\sum(n, n+l+1) = \sum(n, n+l) - \sum(n, n+l)A_{n+l+1} \sum(n, n+l) \times [A_{n+l+1}^T \sum(n, n+l)A_{n+l+1} + I]^{-1} A_{n+l+1}^T \sum(n, n+l). \quad (32)$$

Оператор забывания

$$\tilde{Q}(n+1, n+l+1) = \tilde{Q}(n, n+l+1) - K^{(2)}(n, n+l+1) \times [y_{n+1} - A_{n+1}^T \tilde{Q}(n, n+l+1)]; \quad (33)$$

$$K^{(2)}(n, n+l+1) = \sum(n, n+l+1)A_{n+1} [I - A_{n+1}^T \sum(n, n+l+1)A_{n+1}]^{-1}; \quad (34)$$

$$\sum(n+1, n+l+1) = [I + K^{(2)}(n, n+l+1)A_{n+1}^T] \sum(n, n+l+1).$$

Или в развернутой форме

$$\sum(n+1, n+l+1) = \sum(n, n+l+1) + \sum(n, n+l+1) \times A_{n+1} [I - A_{n+1}^T \sum(n, n+l+1)A_{n+1}]^{-1} A_{n+1}^T \times \sum(n, n+l+1). \quad (35)$$

Для построения робастных аналогов полученных выше результатов целесообразно операторы (31) и (33) описать в терминах матрицы:

$$C(n, n+1) = \sum(n, n+1)A^T(n, n+1), \quad (36)$$

имеющей размерность $p \times l$, так что

$$\tilde{Q}(n, n+1) = C(n, n+1)Y(n, n+1). \quad (37)$$

Эволюцию матрицы $C(n, n+1)$ при изменении n можно описать следующими действиями над матрицами в блочной форме:

Матрицу $C(n, n+1+1)$ размерности $p \times (l+1)$ получают из матрицы $C(n, n+1)$ умножением ее слева на матрицу

$[I - K^{(1)}(n, n+1)A_{n+1}^T]$ и добавлением крайнего правого столбца, равного $K^{(1)}(n, n+1)l$:

$$C(n, n+1+1) = [I - K^{(1)}(n, n+1)A_{n+1}^T] \times C(n, n+1)MK^{(1)}(n, n+1). \quad (38)$$

2. Матрицу $C(n+1, n+1+1)$ размерности $p \times l$ получают из матрицы $C(n, n+1+1)$ удалением из нее крайнего левого столбца, равного $K^{(2)}(n, n+1+1)$, и умножением оставшегося блока слева на матрицу $I + K^{(2)}(n, n+1+1)A_{n+1}^T$.

Таким образом, видно, что для построения робастного аналога прогнозирующих алгоритмов достаточно вывести в робастной форме коэффициент $K^{(2)}$, который получается автоматически в виде крайнего левого столбца матрицы C .

2. Робастный алгоритм вычисления коэффициента передачи на основе рекуррентно-взвешенного МНК.

Для получения робастной версии оператора введения нового измерения необходимо отметить, что к соотношениям (31), (32) можно прийти, решая на основе взвешенного МНК регрессивную систему

$$\begin{cases} \tilde{Q}(n, n+l) = Q + \eta, E\eta = 0; \\ Y_{n+l+1} = A_{n+l+1}^T Q + \xi, E\xi = 0; \\ \text{Cov} \begin{bmatrix} \eta \\ \xi \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum(n, n+1) & \dots & 0 \\ 0 & \dots & 1 \end{bmatrix} \sigma^2 = \sigma^2 S S^T, \end{cases} \quad (39)$$

где S – верхняя треугольная матрица (разложение Холецкого).

Обозначая

$$S^{-1} \begin{bmatrix} \eta \\ \xi \end{bmatrix} = W, \quad S^{-1} \begin{bmatrix} Q(n, n+l) \\ y_{n+l+1} \end{bmatrix} = Z, \quad S^{-1} \begin{bmatrix} I \\ A_{n+l+1}^T \end{bmatrix} = B, \quad (40)$$

сведем выражение (39) к общей линейной модели

$$Z = BQ + W, EW = 0, \text{cov} W = \sigma^2 I. \quad (41)$$

Принимая решение этой регрессионной системы за $Q(n, n+l+1)$, получаем соотношения

$$\tilde{Q}(n, n+l+1) = \arg \min |Z - BQ|^2 = (B^T B)^{-1} B^T Z; \quad (42)$$

$$\sum(n, n+l+1) = \sigma^2 \text{cov} \tilde{Q}(n, n+l+1) = (B^T B)^{-1}.$$

Робастная версия этой схемы сводится к решению проблемы (29) в приведенной форме (41) с помощью одного из робастных аналогов МНК [8].

Один из предлагаемых в этой работе методов заключается во введении следующей зависимости:

$$\tilde{Q}(n, n+l+1) = \arg \min \sum_{j=1}^{p+1} \rho(z_j - B_j^T Q), \quad (43)$$

где $Z = (Z_1, \dots, Z_{p+1})^T, B = (B_1^T, \dots, B_{p+1}^T)^T$.

Строка матрицы B из (40) – одна из стандартных функций контраста, используемых в робастной статистике. Одна из возможных вычислительных процедур – алгоритм рекуррентно-взвешенного МНК.

Выражение (43) может быть записано в виде

$$\sum_{j=1}^{p+1} \omega_j (z_j - B_j^T Q)^2 = \min; \omega_j = \frac{\rho(z_j - B_j^T Q)}{(z_j - B_j^T Q)^2}; \Omega = \text{diag}(\omega_1, \dots, \omega_{p+1}). \quad (44)$$

Имея начальное приближение измеряемой величины Q , можно получить весовую матрицу $\Omega^{(0)}$, откуда находят новое приближение:

$$\tilde{Q}^{(1)} = [B^T \Omega^{(0)-1} B]^{-1} B^T \Omega^{(0)-1} Z \text{ и так далее.} \quad (45)$$

В работах Р. Дуттера и А. Герроу предложены модификации данных вычислительных процедур, некоторые из них удобнее для практических вычислений. Результат этой внутренней рекурсии – диагональная матрица $\Omega = \Omega^{(\infty)}$ и оценка $Q = Q(n, n+l+1)$, которая в исходных переменных выражения (39) имеет вид

$$\begin{aligned} \tilde{Q}(n, n+l+1) &= (B^T \Omega^{-1} B)^{-1} B^T \Omega^{-1} S \begin{bmatrix} Q(n, n+l) \\ y_{n+l+1} \end{bmatrix} = \\ &= K_1^{(1)} \tilde{Q}(n, n+l) + K_2^{(1)} y_{n+l+1}. \end{aligned} \quad (46)$$

Таким образом, матрица $(B^T \Omega^{-1} B)^{-1} B^T \Omega^{-1} S$ имеет блочную структуру $\{K_1^{(1)}; K_2^{(1)}\}$, и ее крайний правый столбец

$K_2^{(1)}$ представляет собой робастную версию коэффициента $K^{(1)}$ (31). Оператор забывания срабатывает автоматически.

3. Построение коэффициента передачи на основе робастного байесовского подхода.

В ряде случаев в теории оптимальной (нелинейной) фильтрации целесообразно применять более простые робастные рекуррентные алгоритмы, основанные на байесовском подходе.

В терминах рассматриваемой модели (28) предполагается: – погрешности измерений $\xi_1, \dots, \xi_N$ в модели (28) независимы и одинаково распространены с известной симметричной плотностью $f_\xi(x)$;

– условные плотности $f[Q|Y(n, n+l)]$ – гауссовские, со средним $Q(n, n+l)$ и ковариационной матрицей $\sum(n, n+l)$.

В рамках этих предположений доказывается, что последовательность оценок $Q(n, n+l) = E[Q|y(n, n+l)]$ порождается следующей системой рекуррентных соотношений:

$$\begin{aligned} Q(n, n+l+1) &= Q(n, n+l) + \\ &+ \sum(n, n+l+1) \times A_{n+l+1} \psi_{n+l+1} \left[y_{n+l+1} - A_{n+l+1}^T Q(n, n+l) \right]; \\ \sum(n, n+l+1) &= \sum(n, n+l) - \sum(n, n+l) A_{n+l+1} \times \\ &\times \psi_{n+l+1}^1 \left[y_{n+l+1} - A_{n+l+1}^T Q(n, n+l) \right], \end{aligned} \quad (47)$$

где $\psi_{n+l+1}(y) = \frac{\partial}{\partial y} \ln q_{n+l+1}(y)$; $\psi_{n+l+1}^1(y) = \frac{\partial}{\partial y} \psi_{n+l+1}(y)$, а $q_{n+l+1}(y)$ представляет собой свертку плотности f и плотности гауссовского распределения:

$$N \left[A_{n+l+1}^T Q(n, n+l); A_{n+l+1}^T \sum(n, n+l) A_{n+l+1} \right].$$

В этом случае для погрешностей $\{\xi_i\}$, $i=1, \dots, N$, подчиняющихся стандартной схеме δ – засоренного нормального распределения

$$(1-\varepsilon)N(0, \sigma_0^2) + \varepsilon N(0, \sigma_1^2); \sigma_1 \gg \sigma_0$$

имеется аппроксимация:

$$\begin{aligned} \psi_{n+l+1}(y) &\approx \frac{1}{S_{n+l+1}} \psi(y/S_{n+l+1}); \\ \psi_{n+l+1}^1(y) &\approx -\frac{1}{S_{n+l+1}^2} \psi^1(y/S_{n+l+1}), \end{aligned} \quad (48)$$

Одним из важнейших технологических этапов создания нового судна или его модернизации является проведение опытов кренования.

Опыт кренования проводится с использованием грузов или людей, соответствующие методики описаны в «Правилах...» [1, 2]. Основную трудность представляет измерение крена судна, так как эта величина весьма мала: $1-4^\circ$. Кроме того, из-за качки измерять угол крена необходимо постоянно. Эти обстоятельства приводят к ужесточению требований к точности измерения угла крена – погрешность должна быть меньше $\pm 0,01^\circ$. Поскольку обработка результатов опыта занимает значительное время, возможности оперативно проконтролировать результаты и при необходимости повторить опыт нет. Это отрицательно сказывается на методике проведения кренования и производительности.

Современный комплекс должен позволять в режиме реального времени отслеживать результаты опыта и автоматически выдавать отчет об опыте кренования.

где $S_{n+l+1} = \delta_0^2 + A_{n+l+1}^T \sum(n, n+l) A_{n+l+1}$, а вид функций ψ ; ψ^1 при достаточно больших σ_1 и $0, 01 \leq \varepsilon \leq 0,1$ приведен на рис. 1.

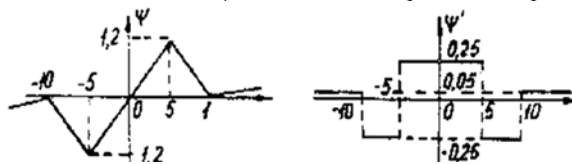


Рис. 1

Очевидно, что соотношения (47) задают робастный коэффициент передачи $\tilde{K}^{(1)}(n, n+l+1)$ в форме

$$\begin{aligned} \tilde{K}^{(1)}(n, n+l+1) &= \\ &= \sum(n, n+l+1) A_{n+l+1} \times \frac{\psi_{n+l+1} \left[y_{n+l+1} - A_{n+l+1}^T Q(n, n+l) \right]}{y_{n+l+1} - A_{n+l+1}^T Q(n, n+l)}. \end{aligned} \quad (49)$$

Применение данной формы коэффициента передачи позволяет получить робастную процедуру с забыванием устаревающих результатов измерений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колесник В.А. Совершенствование информационного и технического обеспечения автоматизированных систем управления пожарной безопасностью объектов ВМФ. – Отчет по НИР, 2012.
2. Колесник В.А. Блок-схемы реализации алгоритмов устойчивой оценки состояния объекта в реальном времени. – Отчет по НИР, 2012.
3. Браммер К., Зиффлинг Г. Фильтры Калмана–Бьюси. Детерминированное наблюдение и стохастическая фильтрация. – М.: Наука, 1982.
4. Андерсон Т. Статистический анализ временных рядов. – М.: Мир, 1976.
5. Жданов А.И., Кацюба О.А. Идентификация по методу наименьших квадратов параметров уравнений авторегрессии при аддитивных ошибках измерений // Автоматика и телемеханика. – 1982. – №2.
6. Рао С.Р. Линейные статистические методы и их применение. – М.: Наука, 1968.
7. Устойчивые статистические методы оценки данных / Ред. Р.Л. Лорен, Г.Н. Уилкинсон. – М.: Машиностроение, 1984.
8. Демиденко Е.З. Линейная и нелинейная регрессии. – М.: Финансы и статистика, 1981. ■

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТОВ КРЕНОВАНИЯ СУДОВ

Д.А. Бусоргин, аспирант,

Е.М. Грамузов, д-р техн. наук, проф., зав кафедрой,

В.А. Зуев, д-р техн. наук, проф., зав кафедрой, НГТУ,

Б.П. Ионов, д-р техн. наук, проф., начальник отдела ОАО «ОСК»,
контакт. тел. (812) 494 1755

В связи с этим современный комплекс по проведению опыта кренования должен:

- 1) электронным способом определять угол наклона;
- 2) иметь малую погрешность измерений;
- 3) быть совместимым с любым персональным компьютером (ПК);
- 4) вести мониторинг результатов в реальном времени;
- 5) автоматически обрабатывать результаты опыта и выдавать документ о его результатах.

Рассмотрим программно-аппарат-

ный комплекс для проведения опытов кренования судов [3].

Обобщенные требования Российского Речного Регистра (РРР) к проведению опыта кренования содержатся в «Правилах...» (табл. 1). Их анализ позволяет сделать следующие выводы:

- 1) пределы измерения прибора должны лежать в пределах $1-4^\circ$;
- 2) использовать вески и ватерпасы не представляется возможным;
- 3) точность измерения прибора должна составлять не менее $0,01^\circ$.

Требования PPP к проведению опыта кренования

Пункт «Правил...»	Требование	Требуемое значение
2.1	Максимальное значение скорости ветра при проведении ОК	3 м/с
2.2	Запас воды под днищем	1 м
3.1.3	Максимальное значение угла начального крена судна	0,5°
3.1.4	Максимальная масса недостающих грузов	2 % от водоизмещения порожнем
3.1.4	Максимальная масса излишних грузов, включая крен-балласт	5 % от водоизмещения порожнем
3.1.9	Минимальное значение метацентрической высоты	0,2 м
3.2.2	Необходимый крен при расположении всего твердого крен-балласта на одном борту	2-4°
3.2.2	Необходимый крен при расположении всего крен-балласта на одном борту при креновании переходами людей.	1,5-2°
3.3.1.1	Методы, используемые при креновании твердым крен-балластом	Вески; ватерпасы; приборы
3.3.1.2	Методы, используемые при креновании «переходами людей»	Приборы
3.3.2.1	Минимальное количество весков	3
3.3.2.2	Минимальное количество приборов	2
3.3.2.3	Минимальное количество приборов и весков	2
3.3.4	Минимальное отклонение веска по рейке	150 мм
3.3.4	Минимальная длина нити веска	3 м
4.1.3.1	Точность измерения длины весков	5 мм
4.1.3.2	Точность измерения осадки	10 мм
4.1.3.3	Точность измерения плечей перемещения крен-балласта	10 мм
4.1.3.4	Точность измерения отклонения веска	1 мм
4.1.3.5	Точность измерения отклонения инклинограмм	0,2 мм
4.1.3.6	Точность измерения массы крен-балласта	1%
4.1.3.7	Точность измерения времени	0,1 с
4.3.4	Минимальное необходимое количество перемещений людей	8
4.4.2.3	Минимальный масштаб записи прибора	15 мм/град.

Таблица 2

Требования МРС к проведению опыта кренования

Пункт «Правил...»	Требование	Требуемое значение
2.1	Максимальное значение скорости ветра при проведении ОК	3,5 м/с
1.3	Максимальное значение угла начального крена судна	0,5°
1.5	Минимальное значение метацентрической высоты	0,2 м
1.10	Необходимый крен при расположении всего твердого крен-балласта на одном борту	2-4°
1.10	Необходимый крен при расположении всего крен-балласта на одном борту при креновании переходами людей.	1,5-2°
1.14.1	Методы, используемые при креновании твердым крен-балластом	Вески; ватерпасы; приборы
1.14.2	Методы, используемые при креновании «переходами людей»	Приборы
1.17	Минимальное количество весков	2
1.17	Минимальное количество приборов	2
1.17	Минимальное количество приборов и весков	2
1.15	Минимальное отклонение веска по рейке	150 мм
1.15	Минимальная длина нити веска	3 м
2.2	Точность измерения длины весков	5 мм
2.2	Точность измерения садки	10 мм
2.2	Точность измерения плечей перемещения крен-балласта	10 мм
2.2	Точность измерения отклонения веска	1 мм
2.2	Точность измерения отклонения инклинограмм	0,2 мм
2.2	Точность измерения массы крен-балласта	1%
2.2	Точность измерения времени	0,1 с
2.12.2	Минимальный масштаб записи прибора	15 мм/град.

– определенный рабочий диапазон измерений датчика;
– возможность использования на судне;
– определенный максимальный собственный дрейф.

Из перечисленных выше критериев наиболее важными являются первые

два, поскольку они в принципе определяют работоспособность прибора.

При изучении «Правил...» были получены данные о погрешности измерения датчика. Поскольку прямую погрешность в градусах не указана, определим ее по требованию к инк-

Эти требования отражают техническую составляющую характеристик прибора.

В соответствии с п. 1.5.13 Морского Регистра судоходства (МРС) опыт кренования проводится по «Инструктивным указаниям по кренованию судов» (п. 2.17 ч. V «Техническое наблюдение за постройкой судов» и изготовлением материалов и изделий для судов).

Обобщенные требования МРС к проведению опыта кренования приведены в табл. 2.

Если сопоставить табл. 1 и 2, то можно увидеть, что требования практически одинаковы, идентичны и параметры, необходимые для проектирования прибора.

В соответствии с PPP водоизмещение судна D и координаты ЦТ x_g и z_g необходимо вычислять по следующим формулам:

– при дифференте менее 0,005L:

$$D = \rho g V; \quad z_g = r + z_c - h_p; \quad x_g = x_c - R \operatorname{tg} \psi.$$

– при дифференте более 0,005L:

$$D = \rho g V; \quad z_g = z_c + (r - h_k) \cos \psi;$$

$$x_g = x_c - (r - h_k) \sin \psi,$$

где ρ – плотность забортной воды; g – ускорение свободного падения; V – объемное водоизмещение; r и R – поперечный и продольный метацентрические радиусы; x_c и z_c – абсцисса и аппликата центра величины; $h_k = \sum h_i / n$ – среднее значение поперечной метацентрической высоты; h_i – метацентрическая высота i -того измерения; n – число измерений; ψ – угол дифферента.

Теоретические элементы вычисляются любым достаточно точным способом или снимаются с кривых элементов теоретического чертежа.

Качество опыта кренования следует определять следующим образом:

– среднее квадратичное отклонение значений метацентрической высоты от среднего арифметического, м,

$$\sigma_h = \sqrt{\frac{\sum (h_i - h_k)^2}{n(n-1)}};$$

– доверительная точность опыта:

$$\varepsilon = t_{0,98} \sigma_h.$$

Инерционный коэффициент судна при креновании следует вычислять по формуле

$$C = \tau \sqrt{h_k} / B,$$

где τ – период бортовой качки судна, шириной B .

После рассмотрения вышеперечисленных методов становится очевидно, что использование механических методов для автоматизированного проведения опыта кренования невозможно в силу отсутствия способа передачи измеренных параметров на средство обработки (ПК). Поэтому остается единственный вариант – электронные средства измерений.

Датчик выбирают в соответствии со следующими критериями:

– определенная погрешность измерения датчика;

Характеристики датчиков измерения углов

Датчик	Предел измерений	Точность
ИН-Д3	± 300" (расширенный ±450")	Не более 1"
ПН-2	± 20 град	Не более 3'
ПН-4	± 300" (расширение ± 450")	Не более 1"
ПН-5	± 2°	Не более 25"
GNAMG	15° или 30° (на выбор)	0,1° (в пределе 15°) или 0,2° (в пределе 30°)
RS-232	±0,1°, ±0,5°, ±2°, ±10°, ±20°, ±60°	±0,1°, ±0,5°, ±2°, ±10°, ±20°, ±60"
MS-TL	0,5°	60"
ИЛМ-01	±0,1°	2"

Таблица 4

Типы основных узлов проектируемого прибора

Узел	Тип	Примечание
Датчик наклона	ПН-5	
Аналого-цифровой преобразователь (АЦП)	Е-140	
Компьютер персональный	IBM PC – совместимый ПК	Предпочтение отдается ноутбуку как более мобильному
Источники питания	Штатные портативные	От стандартных аккумуляторных батарей
Кабели и интерфейсы	Штатные	Все узлы имеют современные USB-интерфейсы
Программное обеспечение	Базовое и прикладное ПО	Базовое ПО – ПО, поставляемое с приборами, ОС на компьютере и пр. Прикладное ПО – ПО, разработанное специально для автоматизации опыта кренования.

линограмме, исходя из следующих соображений:

- точность отклонения инклинограммы должна быть не более 0,2 мм;
- масштаб записи инклинограммы должен быть не менее 15 мм/град.

Мы проанализировали ряд датчиков (табл. 3).

Исходя из этих двух требований, получаем, что погрешность измерения угла должна быть не более 0,013 град., или 48". Находим, что наиболее подходящий датчик – ПН-5.

В общем случае прибор состоит из трех основных узлов: датчик, АЦП и ПК. Выбранные нами типы узлов приведены в табл. 4.

Узловая схема прибора представлена на рис. 1. Комплекс ориентирован на три датчика, разнесенных по длине судна.

Программа для обработки данных опыта кренования отвечает следующим требованиям:

1. Обработка производится в соответствии с правилами РРР, МРС, другим правилам.

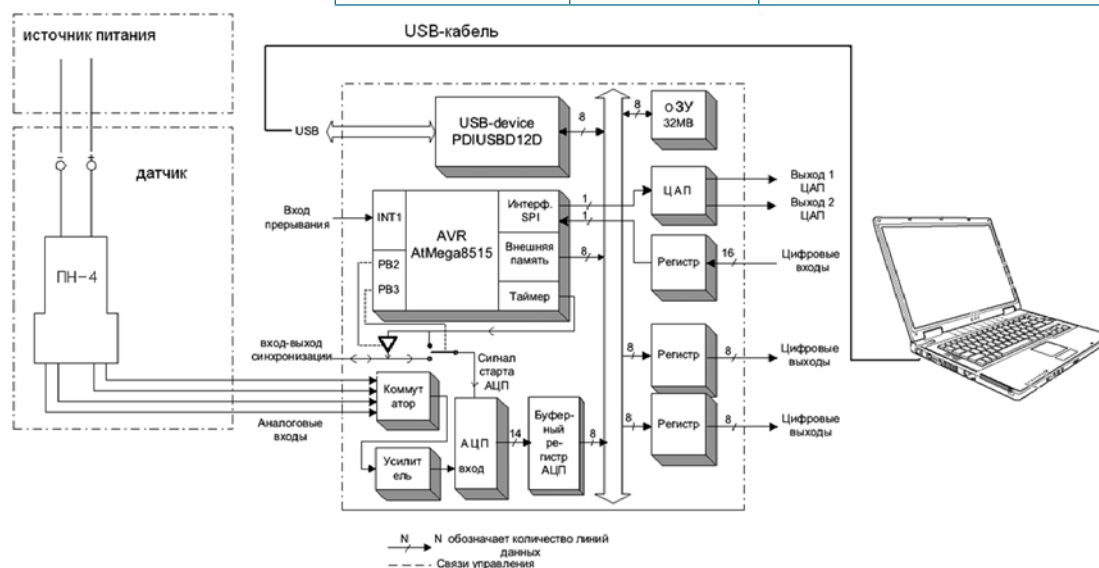


Рис. 1. Узловая схема прибора для проведения опытов кренования

2. Обеспечена возможность пошагового отслеживания результатов расчета.

3. Программа имеет простой и интуитивно понятный интерфейс.

4. Предусмотрена возможность сохранения результатов в форматах файлов программы.

5. Реализована возможность производить расчеты по формированию групп крен-балласта при креновании людьми.

6. Программа генерирует отчет об опыте кренования в форме, принятой РРР, МРС и др.

Поскольку для обеспечения общей функциональности требуется выполнять несколько отдельных задач, то программа использует модульный принцип, т.е. код разбит на отдельные модули, в которых решаются автономные задачи. Все модули объединены в один проект и могут обмениваться данными между собой.

Стиль программирования – объектно-ориентированный, в отдельных случаях – процедурно-алгоритмический. Для расчетов используются численные методы. Для реализации объектно-ориентированного метода были созданы классы TShip и TInk, т.е. судно и инклинограммы. В эти классы инкапсулированы данные и методы, применяемые при обработке данных.

Интерфейс программы базируется на основной форме и формах расчета, которые реализуют пошаговую концепцию проведения обработки опыта кренования.

Для обмена, сохранения и загрузки данных были разработаны следующие типы файлов со специальными расширениями:

- .idf – файл данных инклинограммы;
- .dprf – файл данных проекта;
- .grp – файл данных по группам

ЛИТЕРАТУРА

1. Правила классификации и постройки судов внутреннего плавания (ПСВП) / Российский Речной Регистр. – М.: По Волге, 2008. – Т.2. – 395 с.
2. Правила классификации и постройки морских судов / Российский Морской Регистр судоходства, 2008. – Т.1. – 500 с.
3. Зуев В.А., Грамузов Е.М., Бусоргин Д.А. Комплекс для проведения опытов кренования. Свид. на полезную модель № 76629. Оpub.: 27.09.2008.
4. Бусоргин Д.А., Грамузов Е.М., Зуев В.А. Программно-аппаратный комплекс для проведения опытов кренования судов. – Тр. НГТУ им. Р.Е. Алексеева, Н. Новгород, 2011, вып. 4(91), с.171–178.
5. Бусоргин Д.А., Грамузов Е.М. Автоматизация проведения опытов кренования. – Мат-лы IX Междунар. молодежной науч.-техн. конф. «Будущее технической науки», 2010, с.230–231. ■

Характерной особенностью процесса проектирования современного судна является регулярный поиск компромиссных решений, обеспечивающих достижение наивысшей эффективности при выполнении многочисленных и противоречивых требований к его качествам, что отражает основополагающий принцип системной оптимизации [1]. Рассматривая судно во всей совокупности его элементов как единую систему [2], на практике отдают предпочтение иерархической локальной оптимизации, предполагающей декомпозицию этой системы на подсистемы, что позволяет создать достаточно простые и чувствительные математические модели на каждом уровне, получив в итоге результаты, анализ которых не представляет сложности для специалистов соответствующей квалификации.

Судно как сложная система состоит из подсистем функциональных контуров и самой несущей платформы, взаимодействие которых носит комплексный характер. Одна из важнейших подсистем «несущей платформы» – корпус. Оптимальное сочетание его главных размерений и формы обводов обеспечивают требуемый уровень ходкости, мореходности, управляемости, вместимости и т. д. В частности, одним из важнейших показателей эффективности корпуса современного быстроходного судна является потеря скорости на волнении. В рамках показателя рыскания на курсе представляют интерес данные о поведении судна на попутном волнении. С позиций безопасности имеют значения крена при маневрировании в сложных погодных условиях.

Как правило, в ходе проектирования для оценки возможностей корпуса судна по обеспечению надлежащего уровня показателей эффективности используются статистически обобщенные данные натурных или модельных испытаний судов и полученные на их основе аналитические зависимости, диаграммы, таблицы. Однако все это применимо лишь при близких параметрах корпуса проекта и прототипа; в противном случае велика вероятность появления больших погрешностей. Именно такая ситуация характерна для современных условий, когда на позицию важнейшего эксплуатационного качества вместо высокой скорости на тихой воде выходит высокая скорость на волнении, что, в свою очередь, неизбежно приводит к пересмотру соотношений главных размерений и формы обводов.

Сегодня в России и за рубежом (США, Великобритании) ведутся масштабные исследования новых форм судовых корпусов, оснащенных «волнопротыкающими» наделками, с отрицательным наклоном форштевня и отсутствием развала носовых шпангоутов, многокорпусных систем, а также корпусов, оборудованных аутригерами.

О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДВИЖЕНИЯ СУДОВ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

О.А. Матвеева, магистр техники и технологии, аспирант,
Ю.П. Потехин, канд. техн. наук, проф.,
И.В. Челпанов, канд. техн. наук, проф., СПбГМТУ,
контакт. тел. (812) 659 3468, +7 921 925 0172

Для оценки мореходных качеств принципиально новых проектов на ранних стадиях проектирования нет соответствующей статистики, в связи с чем возникает потребность в инструментарии, который позволял бы адекватно определять мореходные качества судна при минимуме исходных данных. Решение указанной задачи возможно при использовании программ имитационного моделирования процессов плавания судов, позволяющих учесть воздействие ветра и волнения, а также различные режимы работы средств управления движением.

Моделирование параметров движения судна целесообразно проводить на регулярном волнении, эквивалентном средним значениям волновых сил и моментов нерегулярному [4, 5]. Это объясняется тем, что имитационное моделирование движения осуществляется в сравнительно коротком интервале времени, недостаточном для реализации статистических характеристик заданного нерегулярного волнения. Последнее порождает естественную неопределенность параметров действующих внешних возмущений. Кроме того, невозможно обеспечить повторяемость характера возмущающих воздействий для разных начальных условий движения одного объекта или одинаковых сценариев плавания для разных судов. В связи с этим теряется возможность корректного анализа многократно полученных расчетных данных с варьированием одного или нескольких параметров, что составляет сущность использования метода имитационного моделирования. Наконец, постоянство частоты и амплитуды регулярного волнения усиливает его воздействие на исследуемый объект и естественным образом имитирует групповой характер реальных морских волн, что позволяет ожидать смещения ошибок оценки мореходности и управляемости в безопасную сторону.

С целью приобретения опыта применения имитационного моделирования для анализа элементов мореходности при решении проектных задач в СПб-

ГМТУ были выполнены расчеты параметров движения быстроходного судна. Моделирование проводилось с помощью программы «Ship Dynamic», разработанной на кафедре теории корабля СПбГМТУ [3, 4]. Данная программа была неоднократно протестирована на различных объектах, по которым имелись результаты натурных и лабораторных испытаний.

Цель расчетного исследования состояла в оценке падения скорости судна при плавании на встречном волнении, опасного диапазона длин попутных волн, способствующих возникновению «захвата», кинематических параметров движения при сильном маневрировании в тяжелых погодных условиях, характер изменения диаметра циркуляции при развороте на попутном и встречном волнении. При этом предполагалось сопоставить полученные результаты с имеющимися данными натурных испытаний.

Движение быстроходного судна на попутном волнении является особым режимом плавания, который необходимо моделировать, так как в этих условиях проявляется тенденция к захвату судна волной и отклонением от заданного курса, которое может носить скоротечный и лавинообразный характер, соответствующий известному явлению броучинга.

На попутном волнении увлекаемое волной судно приобретает скорость бега волнового профиля (фазовую скорость волны) и в дальнейшем движется вместе с волной на ее переднем склоне. Если исходная скорость судна превышает скорость волны, то происходит потеря скорости хода. При скорости хода меньше фазовой скорости волны судно в результате захвата приобретает ход выше того, который обеспечивает текущий режим работы его энергетической установки (ЭУ).

В условиях захвата существенное снижение скорости движения судна относительно окружающей жидкости грозит потерей управляемости. В этой ситуации зарыскивание, порожденное бесконечно малым внешним возмущением,

лавинообразно развивается до полного разворота лагом к волне, что на фоне высокой динамичности процесса в целом может вызвать опрокидывание. Как следует из вышесказанного, одним из отрицательных последствий захвата попутной волной является возможное недоиспользование мощности ЭУ, что выливается в дополнительные энергозатраты.

Известно, что наиболее опасной скоростью хода судна на попутном волнении является скорость, равная или близкая фазовой скорости волны. Последняя связана с длиной прогрессивной волны известным соотношением [6]

$$c \approx 1,25\sqrt{\lambda},$$

где c – фазовая скорость волны, м/с; λ – длина волны, м.

Для рассматриваемого судна захват попутной волной имеет место при скоростях хода, близких к скорости распространения волнового фронта, при длинах волн в диапазоне $(0,75 \div 1,25) L$. Это отвечает известным теоретическим положениям о природе явления захвата. При этом крутизна волнения имеет второстепенное значение, однако на более крутой волне возрастает вероятность бросинга с катастрофическими последствиями. Использование инструментария имитационного моделирования позволяет сформулировать рекомендации по обеспечению безопасности движения судна на попутном волнении [5].

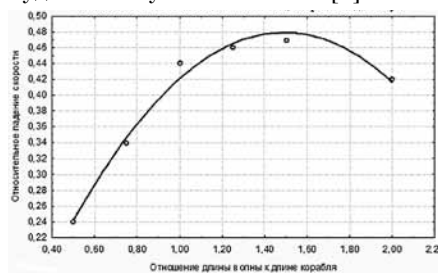


Рис. 1. Зависимость относительного падения скорости судна от относительной длины волны при высоте волны 3%-ной обеспеченности 3 м и скорости корабля 20 уз

При движении судна на встречном волнении наблюдаются ощутимая потеря скорости из-за увеличения сопротивления движению, более резкая по сравнению с попутным волнением продольная качка, обусловленное ею снижение пропульсивных качеств и рыскание на курсе.

Из анализа графических зависимостей, представленных на рис. 1, 2 и отражающих падение скорости рассматриваемого судна в функции от λ/L , L/B и $h_{3\%}$, было установлено, что наибольшее влияние на снижение скорости оказывает относительная длина λ/L . Влияние амплитуды волны проявляется менее существенно.

Посредством имитационного моделирования можно оценить характер поведения судна при сильном маневрировании в условиях интенсивного действия внешних возмущений. С этой целью рассмат-

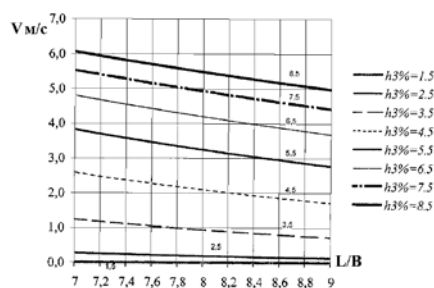


Рис. 2. Зависимость падения скорости хода на волнении в функции от относительной длины L/B и высоты волны на нерегулярном волнении

ривался поворот судна на 90° на полном ходу с переключкой руля на борт. Возмущения задавались регулярным волнением с высотой волны 3 м при $\lambda/h = 30$, эквивалентным по средней высоте 6-балльному нерегулярному, постоянным ветром, дующим в направлении бега волн, и шквалом ураганного ветра скоростью 50 м/с, налетающим с того же направления в момент начала поворота, который во всех случаях выполнялся на левый борт.

Таблица
Максимальные углы крена при различных направлениях бега волн

Начальное направление волнения	Максимальный угол крена, град.
Встречное	26,7 ПБ
Лаговое в правый борт (ПБ)	38,1 ЛБ
Лаговое в левый борт (ЛБ)	24,1 ПБ
Попутное	37,6 ПБ

Моделирование осуществлялось для исходного движения судна по волне, вразрез и лагом при действии возмущений в правый или левый борт. Максимальные углы крена, зафиксированные для разных сценариев движения, представлены в таблице. Видно, что наиболее опасен поворот с выходом на попутное волнение (при начальном положении правым бортом к фронту волны). Максимальный крен в этом случае реализуется в форме короточного динамического наклонения на левый борт под действием момента от переложенного руля, волнения, ветра и шквала. Характерно, что при заданной длине волны (90 м) захвата на попутном волнении при полной скорости хода еще не происходит. Поэтому, в частности, большой угол крена при повороте на попутном волнении нельзя квалифицировать как бросинг. Однако при переходе с лагового волнения на попутное вследствие естественного падения скорости хода на циркуляции судно, закончившее поворот, практически сразу оказывается захваченным попутной волной.

Важно, что процессы движения в указанных случаях поворота в целом еще можно расценивать как допустимые, так как максимальные углы крена не достигают аварийного предела, составляющего 45° . Очевидно, подобным образом могут быть исследованы любые практически значи-

мые сценарии плавания и маневрирования судов в тяжелых погодных условиях.

Расчет разворота судна на тихой воде подтвердил значение диаметра установившейся циркуляции, полученное на натурных испытаниях. При циркуляции на попутном и встречном волнении в 2 балла было установлено, что относительное увеличение диаметра циркуляции по отношению к его значению на тихой воде составляет 12,5% и 5,0% для движения на попутном и встречном волнении соответственно. Таким образом, увеличение диаметра циркуляции на попутной волне более чем в 2 раза превышает таковое на встречной волне, что необходимо учитывать рулевому при маневрировании в условиях ограниченной акватории или при наличии помех.

В целом результаты проведенного исследования показали, что использование имитационного моделирования движения судна с целью прогнозирования мореходных качеств обеспечивает вполне надежные результаты, вплоть до экстремальных условий плавания, которые не могут быть реализованы посредством модельных испытаний.

При формулировании оптимизационной задачи в качестве критерия эффективности подсистемы «корпус» применение имитационного моделирования позволяет использовать коэффициент потери скорости на волнении в n -м сценарии эксплуатации корабля:

$$k_{Bn} = \sum_{i=1}^K k_{ai} p_{ni},$$

где k_{bi} – коэффициент потери скорости корабля на волнении с i -й высотой волны (определяется на основе приближенной методики [6]); p_{ni} – среднегодовая обеспеченность i -го волнения в n -м сценарии эксплуатации корабля (определяется с использованием вероятностей нахождения корабля в соответствующих районах в n -ом сценарии эксплуатации); k – количество рассматриваемых высот волн.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пашин В.М. Оптимизация судов. – Л.: Судостроение, 1983. – 296 с.
2. Попов Г.И., Захаров И.Г. Теория и методы проектирования корабля. – Л.: Изд. ВМА, 1985.
3. Потехин Ю.П. Концепция и реализация «распределенной» динамической модели корабля. – Тез. докл. на XLII Крыловских чтениях. – СПб., ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова, 2006.
4. Он же. Результаты использования «распределенной» динамической модели корабля для анализа динамики подвижных объектов в различных условиях плавания. – Тез. докл. на XLII Крыловских чтениях. – СПб., ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова, 2006.
5. Кузнецов А.А., Потехин Ю.П. Характерные результаты расчетного исследования явления захвата судна попутной волной. – Тез. докл. на XLIII Крыловских чтениях. – СПб., ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова, 2009.
6. Справочник по теории корабля. – В 3 т./Под ред. Я.И. Войткунского. – Л.: Судостроение, 1985. – 768 с.

Проблема неограниченной ответственности классификационных обществ вот уже несколько лет не теряет своей актуальности и является предметом дискуссий, темой для статей, научных трудов и выступлений зарубежных представителей морской индустрии.

Среди зарубежных авторов работ, посвященных данной проблеме, можно выделить Э. Антапассиса, Ф. Буассона, Ю. Бейсдоу и В. Вурмнеста, П. Кларка, Ш. Дурра, Н. Лагони. В работах российских ученых и представителей морской индустрии данная проблема до настоящего момента не получала освещения. Возможно, причины недостаточного внимания отечественных исследователей к ней – в узкой специфике данной темы, а также в отсутствии на сегодняшний день судебной практики в РФ. Однако в связи с работой на отечественном рынке целого ряда классификационных обществ, как российских, так и зарубежных, а также потенциальной угрозой аварийных случаев, когда в результате виновных деяний классификационных обществ может быть причинен ущерб жизни и здоровью пассажиров, имуществу, экологии и т.д., данная проблема должна представлять интерес и для России.

СУТЬ ПРОБЛЕМЫ

Задлительное время своего существования классификационные общества заняли важную нишу в морской индустрии. Сегодня они играют ключевую и всевозрастающую роль в обеспечении безопасности мореплавания. От выполнения классификационными обществами своих функций зависит деятельность целого ряда субъектов морской индустрии: морские администрации, портовые власти, судовладельцы, судостроительные верфи, страховщики и многие другие.

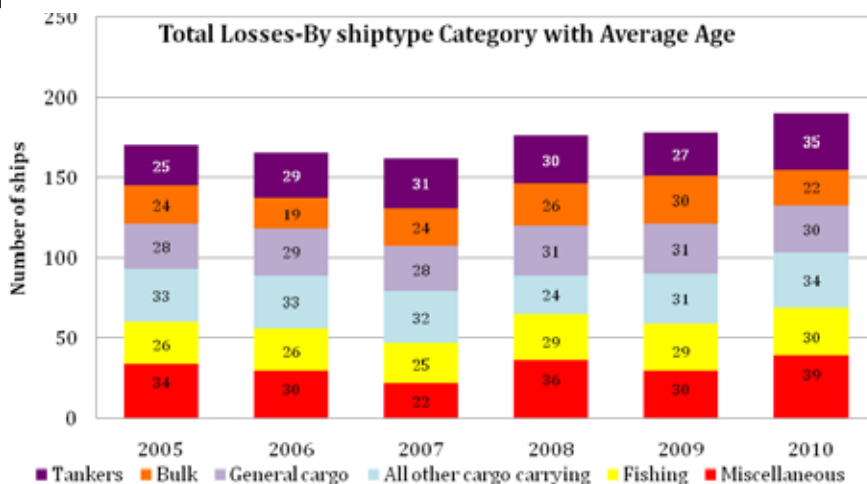
Как любые другие организации, в своей работе классификационные общества сталкиваются с большим количеством проблем. С ростом количества работ и функций, выполняемых ими, растет и их потенциальная ответственность. Одной из наиболее актуальных проблем для классификационных обществ является выдвижение многочисленных исков, причем как со стороны лиц, с которыми они состоят в договорных отношениях, так и со стороны множества третьих лиц.

В соответствии с данными статистики аварийности [9] эту тенденцию нельзя увязывать с увеличением количества катастроф, скорее, это связано с тем, что классификационные общества считаются платежеспособными ответчиками. Однако основной причиной является тот факт, что в насто-

ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ОГРАНИЧЕНИЯ ОТВЕТСТВЕННОСТИ КЛАССИФИКАЦИОННЫХ ОБЩЕСТВ

М.К. Рождественская, ст. эксперт

Российского Морского Регистра судоходства,
контакт. тел. +7 911 255 0572



Количество погибших судов за период с 2005 по 2010 г.

(по материалам мировой статистики аварийности IHS Fairplay за 2010 г.)

ящее время не существует конвенционных ограничений ответственности классификационных обществ, которые имеются у других ответчиков.

СИСТЕМА ОГРАНИЧЕНИЙ ОТВЕТСТВЕННОСТИ В МЕЖДУНАРОДНОМ МОРСКОМ ПРАВЕ

В настоящее время действует целый ряд конвенций об ограничении ответственности, в соответствии с которыми этими ограничениями могут пользоваться не только судовладелец, но и его служащие или агенты, спасатели, фрахтователи, лоцманы и др. В сложившуюся систему пока не включены классификационные общества, что позволяет третьим лицам напрямую выдвигать против них иски.

Если обратиться к положениям таких международных инструментов, как Гаагско-Висбийские правила, Международная конвенция об ограничении ответственности по морским требованиям 1976 г. (далее – Конвенция LLMC), Афинская конвенция о перевозке морем пассажиров и их багажа 1974 г., а также Международная конвенция о гражданской ответственности за ущерб от загрязнения нефтью 1969 г. (далее – Конвенция CLC), только последняя вызывает дискуссии относительно применимости к деятельности классификационных обществ. Неоднозначными являются положе-

ния, закрепленные в п. (b), п. 4 ст. III Конвенции CLC с поправками, внесенными Протоколом 1992 г., согласно которому «иски о выплате возмещения за ущерб от загрязнения нефтью не могут предъявляться...лоцману или любому другому лицу, которое, не являясь членом экипажа, выполняет работу на судне» [2].

Данное положение вызвало разные толкования. Ряд авторов полагает, что поскольку в пункте говорится о «лоцмане или любом другом лице», то речь идет о лице, которое выполняет функции, идентичные функциям, выполняемым лоцманом. А так как деятельность классификационного общества направлена на обеспечение безопасности судна, характер этой деятельности отличается от работы, выполняемой лоцманом [11, р.290; 13, р.707; 16, р.170].

При этом, с одной стороны, в возможности распространения данной статьи было отказано классификационному обществу RINA в ходе рассмотрения дела «Erika». Трибунал большой инстанции Парижа постановил, что под «работой, выполняемой на судне», на которую ссылается ст. III, п. 4 (b) Конвенции CLC 1992, следует понимать работу, выполняемую кругом лиц, непосредственно участвующих в морских операциях, и это не может распространяться также на классификационные общества» [15].

С другой стороны, при рассмотрении дела «Prestige» суд постановил, что на классификационное общество ABS распространяются положения ст. III, п. 4 (b), особенно учитывая тот факт, что в соответствии со ст. I (2) Конвенции, «лицо» – всякое физическое лицо или любое юридическое лицо публичного или частного права, включая государство или любую из его составных частей [1].

Таким образом, неприменимость данной статьи к классификационным обществам остается дискуссионной. Данный аспект, в частности, пытаются оспорить общества-члены МАКО и ряд практикующих юристов, которые предлагают включить данный вопрос в стратегический план ИМО и вынести его на рассмотрение Юридического комитета ИМО.

Действительно, если проанализировать, может ли классификационное общество признаваться «лицом, которое, не являясь членом экипажа, выполняет работу на судне» в соответствии со ст. III(4)(b), то стоит отметить следующее:

1. Основной принцип, на котором базируется целый пакет конвенций (Международная конвенция о гражданской ответственности за ущерб от загрязнения нефтью 1969 г., Международная конвенция о создании Международного фонда для компенсации ущерба от загрязнения нефтью 1992 г., а также Протокол о создании дополнительного компенсационного фонда 2003 г.), – это первоочередное наложение ответственности на судовладельца. Этот принцип закреплен в ст. III Конвенции, согласно которой «собственник судна... отвечает за всякий ущерб от загрязнения, который явился результатом утечки или слива нефти из его судна... за исключением случаев, предусмотренных в пп. 2 и 3 настоящей статьи» [1]. Выполнение данного принципа позволяет обеспечить жертвам ущерба его возмещение в надлежащем порядке. При этом для защиты судовладельца от несения ответственности за правонарушения других субъектов Конвенция в п. 5 ст. 3 предусматривает наличие права регресса собственника судна к третьим лицам. Отсюда можно заключить, что одновременное выдвижение исков против судовладельца и классификационного общества по делам, связанным с загрязнением нефтью, само по себе противоречит основному принципу Конвенции CLC.

2. При установлении, является ли классификационное общество «лицом, которое, не являясь членом экипажа, выполняет работу на судне», необходимо отметить следующее:

классификационное общество соответствует определению понятия «лицо», поскольку в соответствии с п.2 ст.1 Конвенции «лицо – всякое физическое лицо или любое юридическое лицо публичного или частного права, включая государство или любую из его составных частей» [1]. Что касается выполнения работы на судне, то проведение освидетельствования и выдача свидетельств вполне могут подпадать под это определение.

3. В то время как судовладелец имеет право ограничить свою ответственность в соответствии с Конвенцией, а также застраховать ее, на классификационные общества в некоторых государствах может налагаться неограниченная ответственность. Поэтому им помимо дорогостоящей страховки от притязаний третьих лиц понадобится также застраховать свою ответственность, которая потенциально является неограниченной. Очевидно, что страхование такой ответственности на практике нереализуемо.

4. Существующее положение вещей может негативным образом сказаться на финансовой стабильности классификационных обществ и поставить их деятельность в целом под угрозу.

НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫЕ ДОКУМЕНТЫ, РЕГУЛИРУЮЩИЕ РЕЖИМ ОТВЕТСТВЕННОСТИ КЛАССИФИКАЦИОННЫХ ОБЩЕСТВ

На международном уровне режим ответственности классификационных обществ в настоящее время регулируется рядом межправительственных документов ИМО, а именно: резолюцией A.739(18) [3], A.789(19) [4], циркулярами ИМО/МСС 710 и МЕРС 307 [5]. Однако данные документы касаются только ответственности классификационных обществ за выполняемые ими публичные функции, а именно, за работу от имени и по поручению морских Администраций. Они предусматривают лишь необходимость заключения соглашения между классификационным обществом и государством, делегирующим ему свои полномочия, а также пункт о финансовой ответственности, в соответствии с которым Администрация флага судна может взыскать с классификационного общества возмещение, за убытки, возникшие в результате его виновного деяния. При этом в Типовом соглашении в циркулярах ИМО/МСС 710 и МЕРС 307 содержится положение о том, что при совершении противоправного деяния в форме умысла признанная организация обязана возместить ущерб в полном размере, а в случае вины в форме неосторожности Адми-

нистрация имеет право потребовать от признанной организации возмещения в сумме, не превышающей размер финансовой ответственности, установленной в стандартных правилах и условиях признанной организации. Однако все формулировки Типового соглашения могут изменяться на усмотрение Администрации флага.

В ближайшее время будет принят Кодекс признанных организаций, документ, в котором будут зафиксированы консолидированные требования к деятельности признанных организаций, а также роль и обязанностям Администраций флага в деле обеспечения надлежащего внедрения признанными организациями процедур и процессов в соответствии с соглашением. Данный Кодекс призван заменить вышеуказанные резолюции и циркуляры. В настоящий момент в проект Кодекса внесено положение, предусматривающее возможность ограничения Администрацией флага ответственности признанной организации, однако оно имеет диспозитивный характер, а вопрос ограничения пределов ответственности остается на усмотрение Администрации флага.

На региональном уровне режим ответственности классификационных обществ регулируется Директивой 2009/15/ЕС [6] (далее – Директива) и Правилom (ЕС) No 391/2009 [7]. В соответствии со ст. 5.2 (b)(i) Директивы при возникновении ущерба в результате «умышленных действий или бездействия или грубой небрежности признанной организации» последняя несет неограниченную ответственность. Если же речь идет о «неумышленном или неосторожном действии или бездействии признанной организации», государства-члены могут установить ограниченную ответственность либо сохранить право на финансовую компенсацию в полном размере, настаивая на неограниченной ответственности. Минимальные пределы компенсации составляют 4 млн. евро за личную травму или смерть и 2 млн. евро за повреждение собственности [ст. 5.2 (b)(ii) и (iii)].

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО МЕЖДУНАРОДНО-ПРАВОВОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ ОГРАНИЧЕНИЯ ОТВЕТСТВЕННОСТИ КЛАССИФИКАЦИОННЫХ ОБЩЕСТВ

Поскольку:

- классификационные общества должны располагать теми же ограничениями ответственности за виновные деяния в форме неосторожности, что и

другие субъекты морской индустрии в связи с тем, что данное положение вещей нарушает принцип, изначально заложенный в конвенциях об ограничении ответственности, а также для установления баланса интересов сторон;

- классификационные общества должны иметь возможность обеспечивать страхование своей профессиональной ответственности в полном объеме;

- в соответствии с конвенциями обеспечение мореходности судна является недеделигуемой обязанностью судовладельца, а освидетельствования судна, проводимые классификационными обществами, только способствуют улучшению мореходности судна;

- классификационные общества не получают доходов от эксплуатации судна и их ответственность непропорциональна размерам их тарифов,

- можно заключить, что необходим грамотный механизм правового регулирования, который позволил бы обеспечить баланс интересов как самих классификационных обществ, так и других субъектов морской индустрии.

Международно-правовое регулирование может быть реализовано посредством ряда мер:

1. Принятие нового международного инструмента. Существует целый ряд важных аспектов, которые необходимо учитывать, если инициатива о необходимости подготовки проекта такого международного инструмента будет поддержана.

Прежде всего возникает вопрос, на каком уровне должен приниматься подобный нормативный акт: на международном (ИМО) или региональном (ЕС). В данном случае необходимо отметить, что, хотя принятие такого документа на уровне ЕС – менее трудоемкий процесс, надо помнить, что классификационные общества предоставляют свои услуги по всему миру: ущерб может быть причинен далеко за пределами европейской территории, как и иски могут быть выдвинуты в любой стране мира. Поэтому решать вопрос ограничения ответственности классификационных обществ надлежит исключительно на международном уровне.

В новом международном инструменте также следует провести различия между ответственностью за ущерб при реализации публичных и частных функций классификационных обществ. Данные функции часто сложно разграничить, поскольку конвенционные и классификационные требования нередко совпадают. Тре-

бования правил классификационного общества во многом соответствуют конвенционным требованиям, таким, как например, требования Конвенции СОЛАС*. Классификационные общества зачастую выполняют классификационные и конвенционные освидетельствования одновременно в целях экономии времени, при этом ответственность за одно и то же освидетельствование может повлечь ограниченную ответственность за выполнение частных функций и неограниченную ответственность за выполнение публичных функций.

При разработке международного инструмента необходимо четко прописать основания и условия возникновения ответственности классификационного общества. Прежде всего деяние должно быть виновным, а вина должна быть в форме умысла или неосторожности. То, как в настоящий момент, урегулирован вопрос в отношении вины в форме умысла в ст. 5.2(b)(i) Директивы, в соответствии с которой «умышленные действия или бездействие или грубая небрежность» влекут за собой неограниченную ответственность, представляется закономерным [6]. Сами классификационные общества – члены МАКО не призывают к внесению поправок в данный пункт, а, следовательно, эта формулировка может быть включена и в новый международный инструмент [10]. Что касается ответственности в случае неосторожности, необходима переработка положений Директивы, а именно, необходимо установление верхнего предела ответственности.

Международный инструмент должен быть подготовлен таким образом, чтобы поддерживался баланс интересов сторон. Недопустимо, чтобы в результате подготовки такого документа, классификационные общества получили возможность выполнять свою работу без надлежащего профессионализма и осторожности, а пострадавшие от их ошибок стороны не получали соответствующей финансовой компенсации за причиненный вред. Для обеспечения баланса интересов очень важно установление адекватных возможному вреду пределов ответственности.

Важным аспектом являются и пределы ответственности классификационных обществ, а также основания для несения ответственности, а именно, виды ущерба. Наиболее целесообразным представляется принцип, используемый в Директиве, где в зависимо-

* Например, ч. II «Спасательные средства» и ч. IV «Радиооборудование» Правил по оборудованию морских судов Российского Морского Регистра судоходства.

сти от вида ущерба обозначены разные пределы ответственности [6]. Однако в связи с тем, что в результате аварийного случая могут быть не только причинены вред жизни или здоровью пассажиров и экипажа или вызваны утрата или повреждение грузов, но также оказано негативное воздействие на экологию, предлагается учитывать и данный вид ущерба.

Что касается самих пределов ответственности в числовом эквиваленте, целесообразнее всего использовать пределы ответственности, установленные в действующих конвенциях об ограничении ответственности. Например, в отношении требований, вытекающих из причинения вреда жизни или здоровью экипажа и пассажиров, утраты и повреждения грузов и других требований, применять пределы ответственности, установленные в Конвенции LLMC 1976 г. с поправками, внесенными Протоколом 1996 г. В соответствии с данными ИМО по состоянию от 31.07.12 [14], Протокол 1996 г. к Конвенции LLMC был ратифицирован 46 государствами, из чего можно заключить, что соглашение по данному вопросу могло бы быть достигнуто с большей вероятностью. Однако необходимо учитывать, что еще в 2010 г. в ИМО рассматривался вопрос о необходимости увеличения пределов ответственности, установленных в Протоколе 1996 г. к Конвенции LLMC [12]. Если рассматриваемые пределы ответственности будут одобрены Ассамблеей ИМО, они могут послужить базисом для определения пределов ответственности классификационных обществ. Устанавливая пределы ответственности по требованиям, вытекающим из ущерба, причиненного экологии, в частности в случае утечки или слива нефти, можно обратиться к положениям Конвенции CLC 1969 г. с поправками, внесенными Протоколом 1992 г.

По состоянию на 31.07.12 Протокол 1992 г. к Конвенции был ратифицирован 130 государствами, что составляет 97,19% мирового тоннажа [14]. Пределы ответственности, установленные Конвенцией, являются достаточно высокими с учетом специфики деятельности классификационных обществ, однако может учитываться принцип расчета, использованный в Конвенции. Даже при включении данных пределов ответственности за ущерб, причиненный экологии, в новый международный инструмент, данный вариант будет более приемлемым для классификационных обществ, чем существующее положение дел, поскольку при наличии верхней

границы ответственности они смогут застраховать ее.

2. Внесение поправок в существующие международные инструменты. При рассмотрении возможности внесения поправок в Конвенции ИМО, например Конвенцию LLMC 1976 или CLC 1969, необходимо отметить наличие ряда сложностей. Прежде всего в отличие от Конвенций СОЛАС и МАРПОЛ, данные конвенции не предусматривают процедуры одобрения поправок путем «молчаливого согласия». Данное обстоятельство делает нереализуемой процедуру внесения поправок непосредственно в конвенции. Поправки могут быть внесены путем подготовки протоколов к конвенциям, в которые, однако, вероятно потребуются внести еще целый ряд положений по вопросам, не относящимся к проблеме неограниченной ответственности классификационных обществ. Кроме того, подготовка такого протокола может занять достаточно много времени. Стоит также подчеркнуть, что Конвенции CLC и LLMC ратифицированы далеко не всеми государствами, где могли бы быть выдвинуты иски против классификационных обществ, кроме того, положения данных конвенций будут относиться только к частным функциям классификационных обществ.

Более реалистично внесение пунктов об ограничении ответственности в Кодекс признанных организаций ИМО. Данная возможность уже обсуждалась в МАКО, однако на настоящий момент в проект включена лишь ссылка к пункту «Ответственность», который должен включаться в соглашение, заключаемое признанной организацией с Администрацией флага. Данная ссылка предусматривает, что государство флага может рассмотреть возможность ограничения пределов ответственности признанной организации [8]. Вопрос о включении такого положения и принятие Кодекса в целом запланировано на 2013 г. Однако даже в случае включения подобной ссылки в Кодекс она будет иметь диспозитивный характер, а вопрос ограничения пределов ответственности останется на усмотрение Администрации флага. В проекте поправок к Конвенции СОЛАС также указыва-

ется, что содержащее данные ссылки «руководство в ч. III Кодекса должно максимально учитываться для более единообразного внедрения Кодекса», но не является обязательным, как ч. I и II Кодекса [8].

Внесение положений об ограничении ответственности классификационных обществ в Кодекс признанных организаций ИМО урегулирует только вопрос об отношении ответственности в случае выполнения ими публичных функций. В любом случае при внесении поправок в данный Кодекс они должны иметь императивный характер, в противном случае проблема останется нерешенной.

3. Подготовка комментария или интерпретации положений действующих международных конвенций об ограничении ответственности. Как показал анализ применимости ст. III, п. 4 (b) Конвенции CLC с поправками, внесенными Протоколом 1992 г. к деятельности классификационных обществ, еще одним методом правового регулирования может стать официальная интерпретация положений данной конвенции, в соответствии с которой данная статья распространяла бы свое действие на классификационные общества.

Выводы

Анализ показал, что в настоящее время из представленных вариантов способов решения проблемы неограниченной ответственности классификационных обществ имеются два наиболее действенных: 1) подготовка нового международного инструмента; 2) использование комплексных мер, включающих в себя внесение поправок в Кодекс признанных организаций ИМО, подготовку Протокола к Конвенции LLMC, а также подготовку интерпретаций положений Конвенции CLC. Такой подход позволит осуществить правовое регулирование ограничения ответственности за выполнение классификационными обществами как публичных, так и частных функций применительно к различным видам ущерба, который может возникнуть в результате аварийного случая.

Литература

1. Международная конвенция о гражданской ответственности за ущерб от загряз-

нения нефтью (КГО/CLC). (Брюссель, 29.11.1969) (с изм. от 19.11.1976) // СПС «Консультант-Плюс».

2. Протокол 1992 года об изменении Международной конвенции о гражданской ответственности за ущерб от загрязнения нефтью 1969 года (КГО/CLC). (Лондон, 27.11.1992 г.). – Бюлл. международ. договоров. – 2004. – № 6. – С. 20–32.
3. Resolution A.739 (18) Guidelines for the Authorization of Organizations acting on behalf of the Administration. Adopted on 4 November 1993. (Agenda item 11).
4. Resolution A.789 (19) Specifications on the survey and certification functions of recognized organizations acting on behalf of the Administration. Adopted on 23 November 1995.
5. MSC/Circ.710, MEPC/Circ.307 (9 October 1995) Model agreement for the authorization of recognized organizations acting on behalf of the administration
6. Directive 2009/15/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on common rules and standards for ship inspection and survey organizations and for the relevant activities of maritime administrations// OJ L131, 28.05.2009, p.47.
7. Regulation (EC) No 391/2009 of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on common rules and standards for ship inspection and survey organizations// OJ L131, 28.05.2009, p.11.
8. FSI 20/19 of 16 April 2012 Report to the Maritime Safety Committee and the Marine Environment Protection Committee.
9. IHS Fairplay World Casualty Statistics 2009. IHS Global Limited, 2010.
10. IACS. Towards a Future Maritime Policy for the Union: A European vision for the ocean and the seas Contribution by International Association of Classification Societies (IACS), 13 October 2005// www.iacs.org.uk
11. Lagoni N. The Liability of Classification Societies, Hamburg Studies on Maritime Affairs. – Berlin, Heidelberg: Springer, 2007. – Vol. 9. – 379 p.
12. LEG 97/8, LEG 97/8/1, LEG 97/8/2, LEG 97/8/3 Consideration of a proposal to amend the limits of liability of the protocol of 1996 to the Convention on limitation of liability for maritime claims, 1976 (LLMC 96), in accordance with Article 8 of LLMC 96.
13. Siccardi F. Pollution Liability and Classification societies, Is the system a Fair one?// Il Diritto Marittimo. – 2005. – P.707.
14. Summary of status of Convention 31 July 2012//www.imo.org
15. Tribunal de Grande Instance de Paris – XI Chambre Correctionnelle 16 January 2008.
16. Wu Chao. Pollution from the Carriage of Oil by Sea: Liability and Compensation. – London, The Hague, Boston: Kluwer Law International, 1996. – P.170. ■

Рецензент: **Б.А. Смыслов**,
канд. юрид. наук, проф., СПбГМТУ

После продолжительной болезни на 74-м году жизни скончался доктор технических наук, профессор кафедры теоретической механики Санкт-Петербургского государственного морского технического университета, генеральный директор ООО «НПО «Полярная звезда» Александр Петрович Матлах.

Свою трудовую деятельность Александр Петрович начал в 1964 г. на кафедре сопротивления материалов в Ленинградском кораблестроительном институте, сразу после его окончания. Там он сформировался как ведущий специалист в области прочности судов. С 1980 г. приступил к преподавательской работе на кафедре теоретической механики в должности ассистента, одновременно активно занимаясь научной работой. В 1994 г. Александр Петрович успешно защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук, а в 2007 г. – докторскую диссертацию. В 2008 г. Александр Петрович Матлах был избран на должность профессора кафедры теоретичес-

кой механики. Его лекции пользовались большой популярностью у студентов,

ПАМЯТИ ТОВАРИЩА

НПО «Полярная звезда»,
контакт. тел. (812) 757 1222



вовлекали их в мир интересных научных исследований.

Александр Петрович успешно совмещал педагогическую деятельность с научно-исследовательской работой, являясь с 1991 г. бессменным генеральным директором ООО «НПО «Полярная звезда». С 2002 г. входил в состав редакционного совета журнала «Морской вестник».

Доброта и отзывчивость Александра Петровича всегда привлекали к нему людей, среди которых он пользовался заслуженным уважением. Его плодотворная деятельность как преподавателя и ученого оставила глубокий след в истории Санкт-Петербургского государственного морского технического университета.

**Мы всегда будем помнить
о нашем замечательном коллеге
Александре Петровиче Матлахе**

27 сентября 2012 г. состоялось очередное общее собрание Ассоциации судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области.

С докладами по проекту государственной программы РФ «Развитие судостроительной промышленности до 2030 г.» выступили Л.М. Клячко, генеральный директор ЦНИИ «Курс», модератор «круглого стола» в Общественной палате РФ, и Л.Г. Горбов, первый заместитель генерального директора ЦТСС.

Затем были заслушаны сообщения М.В. Дорош, руководителя отдела тор-

ОБЩЕЕ СОБРАНИЕ АССОЦИАЦИИ СУДОСТРОИТЕЛЕЙ

**Ассоциация судостроителей Санкт-Петербурга
и Ленинградской области,**
контакт. тел. (812) 786 1172

говой миссии при посольстве Франции в России, о ходе подготовки российско-французской конференции по вопросам технологии судостроения, а также Т.И. Чекаловой, ответственного секретаря Морского Совета при Правительстве СПб, о Дне судостроителя.

Было оглашено информационное письмо председателя Ассоциации российских профсоюзов оборонных отраслей промышленности.

Обсужден вопрос о приеме в члены Ассоциации компании «Морские комплексные системы» (директор М.В. Моцак).

РЕШЕНИЕ

общего собрания Ассоциации судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области

1. Информацию доклада и содоклада принять к сведению.

2. Рекомендовать руководителям предприятий – членов Ассоциации сосредоточить усилия по выполнению ФЦП «Развитие гражданского судостроения и морской техники до 2017 года» как важный этап в обеспечение реализации новой государственной программы по развитию судостроительной промышленности.

3. Исполнительной дирекции совместно с КЭРППиТ и ЦТСС продолжить работы по решению вопросов организации судостроительного кластера в Санкт-Петербурге.

4. Просить ЦКБ МТ «Рубин» возглавить работу по подготовке коллективно-

го обращения в Департамент судостроительной промышленности и морской техники Минпромторга РФ об устранении административного разрыва между ЦКБ и отраслевыми НИИ.

5. Обратить внимание руководителей предприятий – членов Ассоциации на необходимость постоянного внимания вопросам подготовки и переподготовки кадров на предприятиях.

6. Очередное собрание Ассоциации в декабре с.г. посвятить вопросам подготовки и переподготовки кадров всех уровней с привлечением учебных заведений, готовящих кадры для судостроения.

7. Рекомендовать предприятиям – членам Ассоциации принять активное участие в российско-французской

конференции по вопросам технологии судостроения.

8. Согласиться с мнением ряда общественных организаций об учреждении профессионального праздника День судостроителя 30 октября. В этот день в 1696 г. Боярской Думой было принято решение «флоту быть».

9. Информационное письмо Ассоциации российских профсоюзов оборонных отраслей промышленности о внесении дополнений в законопроект «О Гособоронзаказе» принять к сведению и одобрить.

10. Принять в члены Ассоциации компанию «Морские комплексные системы» согласно заявлению от 27.08.2012 г. №480.

Президент Ассоциации

В.Л. Александров

16 октября 2012 г. состоялся IV Всероссийский съезд судостроителей, проводившийся Центральным правлением Российского и Международного НТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова. Прошел он в Центральном военно-морском музее Санкт-Петербурга и был посвящен деятельности НТО за пятилетний период с 2008 по 2012 г.

С докладом «Деятельность научно-технического общества судостроителей в 2008–2012 гг. и задачи его развития» выступил президент РосНТО им. акад. А.Н. Крылова профессор В.Л. Александров.

С докладом «Деятельность комитета регионального развития НТО судостроителей» выступил вице-президент профессор П.А. Шауб.

В прениях по докладам выступили: В.М. Попов, руководитель Архангельского регионального отделения НТО; А.П. Акимов, руководитель Чувашского регионального отделения НТО; В.Н. Храмушкин, руководитель Сахалинского регионального отделения НТО; Б.А. Горелик, сопредседатель инновационного комитета РосНТО; К.П. Борисенко, член президиума РосНТО; Г.Н. Муру, член президиума РосНТО; Л.Г. Грабовец, член Центрального правления РосНТО, председатель отделения «Судостроение» Санкт-Петербургской инженерной академии.

Были проведены выборы президента Международного и Российского НТО судостроителей, вице-президентов НТО, Центрального правления, президиума НТО судостроителей и контрольно-ревизионной комиссии.

По результатам голосования были избраны:

президентом Международного и Российского НТО судостроителей Владимир Леонидович Александров
первым вице-президентом Леонид Александрович Промыслов
вице-президентами Петр Александрович Шауб и Кирилл Всеволодович Рождественский

Членами Центрального правления
Международного и Российского НТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова избраны:

- | | | |
|------------------------------------|------------------------------------|--|
| 1. Александров Владимир Леонидович | 15. Клячко Лев Михайлович | 29. Попов Вячеслав Михайлович |
| 2. Акимов Александр Петрович | 16. Конов Эдуард Александрович | 30. Промыслов Леонид Александрович |
| 3. Алешкин Александр Николаевич | 17. Кузнецов Александр Викторович | 31. Рождественский Кирилл Всеволодович |
| 4. Байков Владимир Павлович | 18. Кузнецов Леонид Григорьевич | 32. Спиридопуло Владимир Ильич |
| 5. Белентьев Андрей Владимирович | 19. Максименко Василий Романович | 33. Стругов Леонид Васильевич |
| 6. Борисенко Константин Петрович | 20. Малышевский Виктор Андреевич | 34. Суховинский Игорь Семенович |
| 7. Вильнит Игорь Владимирович | 21. Минаев Александр Николаевич | 35. Татарский Виктор Сергеевич |
| 8. Глебов Валерий Николаевич | 22. Муру Георгий Николаевич | 36. Фомичев Андрей Борисович |
| 9. Горелик Борис Александрович | 23. Неуступова Алина Серафимовна | 37. Храмушин Василий Николаевич |
| 10. Грабовец Леонид Герасимович | 24. Никитин Владимир Семенович | 38. Шауб Петр Александрович |
| 11. Дорофеев Владимир Юрьевич | 25. Орыщенко Алексей Сергеевич | 39. Шилов Константин Юрьевич |
| 12. Дударенко Вячеслав Васильевич | 26. Пешехонов Владимир Григорьевич | 40. Шляхтенко Александр Васильевич |
| 13. Дутов Андрей Владимирович | 27. Подоплекин Юрий Федорович | 41. Якушенко Евгений Иванович |
| 14. Дьячков Андрей Аркадьевич | 28. Половинкин Валерий Николаевич | |

Членами президиума Центрального правления
Международного и Российского НТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова избраны:

- | | | |
|------------------------------------|-----------------------------------|--|
| 1. Александров Владимир Леонидович | 6. Малышевский Виктор Андреевич | 11. Промыслов Леонид Александрович |
| 2. Алешкин Александр Николаевич | 7. Муру Георгий Николаевич | 12. Рождественский Кирилл Всеволодович |
| 3. Борисенко Константин Петрович | 8. Пешехонов Владимир Григорьевич | 13. Шауб Пётр Александрович |
| 4. Вильнит Игорь Владимирович | 9. Подоплекин Юрий Федорович | 14. Шилов Константин Юрьевич |
| 5. Глебов Валерий Николаевич | 10. Половинкин Валерий Николаевич | 15. Шляхтенко Александр Васильевич |

В 2012 году Президиум Координационного Совета Российского Союза НИО
и Бюро Совета Международного Союза НИО провели всероссийский конкурс «Инженер десятилетия» (2012)

Лауреатами от судостроительной отрасли стали:

Александров Владимир Леонидович
Дорофеев Владимир Юрьевич
Клячко Лев Михайлович
Никитин Владимир Семенович
Спасский Игорь Дмитриевич

Лауреатам вручены номерные золотые нагрудные знаки (медали «Инженер десятилетия») и присвоено почетное звание «Инженер десятилетия». Имена лауреатов конкурса занесены в Реестр и размещены на мемориальной доске в зале Инженерной Славы России Союза НИО

ПОСТАНОВЛЕНИЕ

IV съезда Российского научно-технического общества судостроителей им. акад. А.Н. Крылова

г. Санкт-Петербург, пл. Труда,
Актовый зал Центрального военно-морского музея

16 октября 2012 г.

Заслушав и обсудив доклад президента Александрова В.Л. «Деятельность научно-технического общества судостроителей в 2008 – 2012 гг. и задачи его развития», съезд отмечает:

1. В своей работе РосНТО судостроителей руководствовалось Уставом, решением предыдущего съезда НТО, постановлениями Президиума и Пленума Союза НИО и Центрального правления НТО, а также решениями международных и всероссийских конференций и съездов.

2. Работа Российского НТО судостроителей строится на планомерной основе по годовым тематическим планам и своей содержательной стороной базируется на деятельности научно-технических секций Общества, которые охватывают практически все важнейшие научные направления кораблестроения, экономики, организации и управления производством.

3. Выполняя решения III Съезда НТО судостроителей, руководящие органы Общества сконцентрировали внимание прежде всего на поддержании, сохранении и преумножении научно-технического потенциала отрасли, обеспечении развития судостроения на основе внедрения инновационных проектов и критических технологий. В связи с этим Президиумом Российского НТО судостроителей было принято решение проводить свои заседания на судостроительных предприятиях, на практике реализующих инновационный путь развития.

В результате были проведены совещания в ОАО «Концерн «Гранит-Электрон», ОАО «Адмиралтейские верфи», ГНЦ «ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова», ФГУП «ЦНИИ КМ «Прометей», а также проведены пленумы РосНТО судостроителей в городах Казань и Чебоксары, на родине А.Н. Крылова.

4. В настоящее время перед отечественным судостроением и военным кораблестроением стоят сложнейшие задачи, связанные как с дальнейшей модернизацией отрасли, так и обеспечением выхода продукции отечественного су-

достроения на внутренние и внешние рынки. Исключительно важной задачей отрасли является неукоснительное выполнение Государственного оборонного заказа до 2020 г. В определенной степени успешность решения таких стратегических задач зависит и от нашей с вами деятельности в Российском НТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова. Мы не можем мириться с тем фактом, что доля российских верфей в мировом портфеле заказов по состоянию на февраль 2012 г. составляла 1,3% по числу судов и 0,45% по тоннажу.

С конца 2011 г. мы организовали Комитет инновационных проектов НТО судостроителей, который определяет инновационность проработок в представляемых проектах.

5. Одной из задач НТО является также создание благоприятных условий и механизмов для развития взаимовыгодного и равноправного международного сотрудничества в научной, научно-технической и инновационных сферах. Мы провели в этом году IV Всемирную морскую технологическую конференцию, в которой приняли участие Англия, Индия, США, Китай, Южная Корея, Сингапур, Германия, Испания, Италия, Финляндия, Греция, Швеция, Норвегия и ряд других стран, входящих в состав WMTС. Решение конференции также является основанием для руководства и исполнения.

6. Одной из главных задач РосНТО судостроителей является творческое сотрудничество с судостроительными регионами России. Без регионов России мы не были бы ни российским, не международным обществом. В настоящее время образован Комитет регионального развития и молодежной политики РосНТО судостроителей, в который вошли руководители регионов НТО, а также специалисты по молодежной политике в судостроении.

Съезд решает:

1. Работу Президиума Центрального правления РосНТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова считать удовлетворительной;

2. Утвердить протоколы избирательной комиссии:

- № 1 – избрание счетной комиссии;
- № 2 – избрание председателя счетной комиссии;
- № 3 – избрание Президента РосНТО судостроителей;
- № 4 – избрание Центрального правления РосНТО судостроителей;
- № 5 – избрание Президиума и вице-президентов РосНТО судостроителей;
- № 6 – избрание контрольно-ревизионной комиссии РосНТО судостроителей.

3. Продолжить работу по следующим направлениям:

- решение задач продвижения инновационных проектов и программ, а также критических технологий, обеспечивающих развитие отрасли;
- подготовка и переподготовка молодых инженерных кадров для судостроения;
- расширение международного сотрудничества;
- направленность тематики секций НТО в соответствии с изменениями в специализации отрасли;
- укрепление творческого сотрудничества с судостроительными регионами России;
- обеспечение вовлечения в хозяйственный оборот результатов научной и научно-технической деятельности путем создания необходимых условий для их коммерциализации;
- определение деятельности РосНТО судостроителей, направленной на обеспечение Государственной программы развития судостроительной промышленности (срок окончания программы – 2030 г.).

4. Отметить юбилей – 150 лет со дня рождения Алексея Николаевича Крылова в 2013 г. в соответствии с утвержденными мероприятиями.

5. Поручить Президиуму РосНТО судостроителей IV съезда рассмотреть предложения, поступившие от руководителей регионов и делегатов съезда, отредактировать их и при положительном решении включить как дополнения в постановление съезда. ■

Президент Рос НТО судостроителей
им. акад.А.Н. Крылова



В.Л. Александров

специального назначения, зенитные батареи, служба связи и другие подразделения управления и обеспечения.

В дальнейшем состав флотилии был усилен бронекатерами, сторожевыми кораблями типа «МО» («малый охотник» за подводными лодками), транспортом и даже подводными лодками, а также береговыми формированиями.

Основу боевого ядра флотилии составили канонерские лодки – «линкоры Ладоги», как их иногда в обиходе называли. Это были корабли, переоборудованные из построенных перед самой войной самоходных шаланд водоизмещением 1000 т, с двумя паровыми машинами мощностью по 500 л.с. каждая. Канонерские лодки Ладожской флотилии по своим тактико-техническим характеристикам (ТТХ) полностью соответствовали классу кораблей, приспособленных для ведения боевых действий в прибрежных районах.

Вооруженные артиллерией калибра от 76 до 100 мм, а позднее до 130 мм, они могли стрелять по береговым целям не только стоя на яоре, но и на ходу.

Канонерские лодки использовались не только для артиллерийской поддержки прибрежных флангов сухопутных войск, участия в десантных и противодесантных операциях, но и для перевозки продовольствия и других грузов для Ленинграда, войсковых подразделений и эвакуированных ленинградцев. В состав главных сил флотилии входили также два быстроходных, боевых корабля: сторожевой корабль предвоенной постройки «Пурга» и «Конструктор», в прошлом миноносец дореволюционного флота. 4 ноября 1941 г., во время эвакуации на Большую землю сотрудников завода им. К.Е. Ворошилова (ныне – ОАО «Звезда»), СКР «Конструктор» был потоплен фашистской авиацией, о чем напоминает памятник в деревне Марье.

Дивизион тральщиков состоял из 14 ед. – в основном мобилизованных судов гражданского флота. На них были установлены одна или две 45-мм пушки, они и стали боевыми кораблями флотилии.

Особую роль играли «малые охотники». В соединении катеров «МО» вошли катера Ладожского отряда пограничной охраны, а также присланные с Балтики. В прибрежных операциях участвовали малые катера типа «КМ» из числа катеров военно-морских учебных заведений. Их легкий корпус и малая осадка позволяли использовать при высадке десанта, для несения дозора, разведки и связи в прибрежных шхерных районах.

Большая роль в боевой деятельности флотилии принадлежала отряду транспортов. Состав его был довольно пестрый. В отряд входили пассажирские суда Северо-Западного речного пароходства, такие как «Совет», «Кремль», «Чапаев», до войны курсировавшие на линиях Ленинград–Ораниенбаум, Ленинград–Петергоф, Ленинград–Кронштадт, а также морские грузовые и грузопассажирские суда каботажного плавания, поступившие из морских пароходств Эстонии и Латвии.

Корабли Ладожской флотилии по своим ТТХ, особенно после довооружения, оказались пригодными для противостояния с военно-морскими силами противника.

Транспортные средства флотилии, которыми она располагала в осеннюю навигацию 1941 г., разбило штормами, многое потопила вражеская авиация. Техническое состояние буксиров и барж, оставшихся на плаву, оказалось плачевным. Вот свидетельство начальника тыла Ленинградского фронта генерал-лейтенанта Ф. Н. Лагунова: «На Ладоге из 29 озерных барж только 7 были в хорошем состоянии. Речные баржи, а их имелось 60, были ветхие, со слабым креплением и непригодны для плавания по Ладожскому озеру... Ладожское озеро в осенний период очень бурное. С 11 сентября по 15 ноября 1941 г. от штормов погибло более 20 барж с людьми, продовольствием...». Задача состояла не только в том, чтобы к навигации 1942 г. отре-

монтировать имевшиеся плавсредства. Требовалось значительно большее – построить новый, надежный, мощный транспортный флот. И он был создан в сроки, немыслимые в мирное время. Ленинградские судостроительные предприятия за два с половиной месяца спустили на воду 130 сварных транспортных судов: баржи, самоходные тендеры и плашкоуты общей грузоподъемностью 16 тыс. т. Наркомат речного флота с мая по ноябрь 1942 г. на верфи, созданной на базе Сясьского целлюлозно-бумажного комбината, построил 31 деревянную баржу общей грузоподъемностью свыше 10 тыс.т. 1 марта 1942 г. ГКО принял постановление о необходимости строительства ленинградскими судостроителями для Ладоги 10 барж (рис. 2) максимальной грузоподъемностью по 900 т. Срок окончания работ – 15 мая. 21 марта у заместителя наркома А. В. Самарина, постоянно находившегося в Ленинграде, состоялось совещание директоров основных судостроительных заводов.

Был выработан план действий: что, где и как строить, определены задания заводам. Решили детали и секции изготавливать на предприятиях в Ленинграде, затем доставлять их по железной дороге к озеру и уже там, на берегу, собирать, сваривать баржи: шесть барж сооружают балтийцы, четыре – адмиралтейцы, три – ждановцы. Тем временем решался вопрос о месте постройки барж. 28 марта в район станции Ладожское озеро к Осиновецкому маяку выехала группа специалистов Балтийского завода и строительного треста № 16. Двое суток они искали подходящее место для сооружения временной верфи. Наиболее приемлемой оказалась бухта Гольсмана. Была она невелика – всего 100–120 м в длину и 20–25 м в ширину. И начинать тут надо было, как говорится, с первого колышка. Дела поначалу двигались плохо. 15 мая истекал назначенный срок окончания постройки десяти барж, но к 10 мая ни одна не была готова. Тогда решением Военного совета Ленинградского фронта начальником постройки металлических барж на Ладожском озере был назначен директор завода им. А. А. Жданова Сергей Александрович Боголюбов. Вот как он описывает события: *«На ознакомление с делами ушло не больше часа. Нужно принять срочные меры, чтобы в первую очередь обеспечить площадку электроэнергией. В тот же день на заводе были сняты с фундамента и погружены на автомашину дизель-динамо на десять электросварочных постов. Вторая автомашина доставила будущих начальников служб и работоспособных сварщиков, в бухте Гольсмана, это были работники завода им. А. А. Жданова, проверенные годами совместного труда, особенно в месяцы войны. На подбор, изучение людей с других заводов, занятых на Ладоге, на их взаимную «притирку» времени не оставалось. Дизель-динамо установили за одну ночь, к утру получили ток. Ночью же разработали приказ об объединении всех участков в единую верфь с нормальной заводской организацией. День начинался со сбора всех руководителей, включая бригадиров. Создавались службы главного энергетика, главного диспетчера, ремонтной, хозяйственной, медсанчасти, столовой. Назначались руководители служб, всех производственных участков, а также мастера и бригадиры. Четко определялись обязанности каждого и его права. Вечером, в конце дня, проверке подлежали абсолютно все работы и их соответствие жесткому графику. Конечно, издать приказ, даже всесторонне продуманный и очень решительный, – еще полдела. Важно неукоснительно осуществлять все, что намечено. Для нас в те дни не было важнее задачи, чем ликвидировать обособленность участков, покончить с местничеством, укрепить дисциплину. Пока в Ленинграде, на Балтийском заводе, днем и ночью строили для нас энерговагон с мощным дизель-генератором, на Ладоге мы распределяли электросварочные точки, строго концентрируя все усилия на какой-либо одной барже с наибольшей готовностью. Ведь Дорога жизни нуждалась в баржах не через несколько месяцев, а немедленно, сейчас. Главным был глубокий патриотизм рабочих, мастеров, инженеров, их высокое понимание своего долга перед Ленинградом, всей страной. Именно это быстро сплоти-*

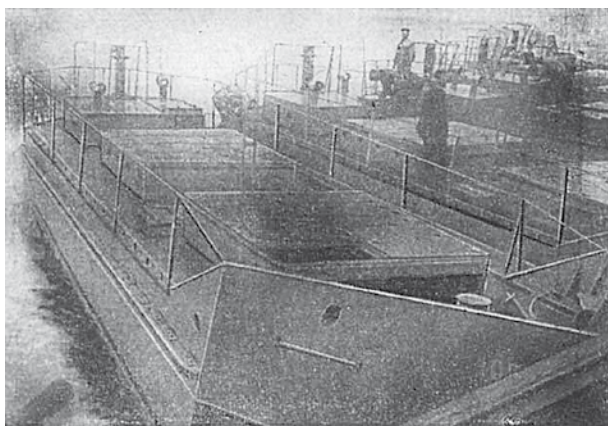


Рис. 2. Готовые тендеры, построенные на заводе имени Жданова, спущены на воду. 1942 г. Фото из журнала «Судостроение», 1975, № 4.

ло коллектив, подняло его на самоотверженный труд по 16–18 часов в сутки, несмотря на бомбежки и лишения. Принятые с самого начала организационные меры обеспечили своего рода психологический перелом, поставили производство на надежные рельсы. Несмотря на трудности, дело быстрыми темпами пошло на лад. Первую баржу, привезенную россыпью, построили за 20 дней. Со временем металлическую баржу, вмещающую 900 т груза (а некоторые шкиперы грузили и 1000 т), со всем ее оборудованием стали строить фантастически быстро – за 10, а затем и за 6 дней! В довоенные годы с хорошо оснащенных стапелей судостроительных заводов такую баржу в лучшем случае спускали через три-четыре месяца. Пока не был готов энерговагон, мы продолжали круглосуточно гонять дизель-динамо, взятое на заводе. Сварка ночью не прекращалась. Сверкающие электродуги выхватывали из темноты силуэты людей, барж, кранов. Это было красиво, но очень тревожило командиров ПВО района – сварочные работы демаскировали бухту. В бухту Гольсмана стали все чаще наведываться вражеские самолеты-разведчики. Зенитные батареи встречали их огнем, рабочие мало обращали внимания на стрельбу – и не к такой привыкли в Ленинграде! 28 мая 1942 г. более ста фашистских самолетов бомбардировали Осиновецкий порт, железнодорожную станцию Ладожское озеро и бухту Гольсмана. Половина из них сбросила свой смертоносный груз на бухту. Среди рабочих появились жертвы. Были пробиты осколками три баржи. В четвертой бомба пробила кормовой отсек, но не разорвалась и ушла в грунт. Не успела наступить полная темнота, как снова вспыхнули молнии электросварки, засверкала ее огнями вся строительная площадка. Так рабочие отвечали врагу! Вечером 29 мая снова ожесточенный налет. Накануне наши зенитчики понесли потери, и фашисты обнаглели – «мессершмитты» шли на бреющем полете, поливали из пулеметов людей, бежавших к болоту. Но через час-другой площадка вновь озарялась огнями электросварки...» [1].

Несомненно, в достижение общего успеха немалым был и вклад конструкторов. Их работу по созданию металлической баржи трудно переоценить. Руководителем проекта был инженер А. К. Осмоловский. Его оригинальная конструкция обеспечила судам высокую прочность и сопротивляемость силам, возникавшим на крутой ладожской волне и при ударах о лед. Ни одна из построенных барж не была пробита льдом или повреждена штормовыми волнами. Даже спустя четверть века после постройки некоторые баржи продолжали плавать по Ладоге. Их прочная конструкция – результат научных исследований А. К. Осмоловского еще в довоенное время.

После доработки по замечаниям заводчан проект стал высокотехнологичным. Корпус судна не имел ни одной гнутой детали, так как механизмов, с помощью которых

можно было изготавливать детали сложной кривизны, еще не существовало, все делалось вручную. А нагреть деталь докрасна в печи и обработать ее на плите тяжелыми кулаками во время блокады было просто невозможно – не хватало сил у истощенных рабочих, да и топлива не хватало. Поэтому применялись упрощенные плоскостные, прямолинейные обводы корпуса (этим как бы открылось новое направление – блокадное судостроение; по такому же принципу строились тендеры и плашкоуты, малые тралщики-стотонники). Верфь на Ладоге построила 14 барж: балтийцы – 7, адмиралтейцы – 4, ждановцы – 3.

Что же обеспечило столь разительное сокращение сроков постройки барж – некоторые из них изготавливались за шесть дней вместо трех месяцев? Ничего принципиально нового на Ладоге не было придумано. Но, во-первых, широко использовались уже известные ранее прогрессивные методы организации производства. Во-вторых, необходимые организационные меры применялись без промедления, на всех участках одновременно. Такой натиск, точно таран, сокрушал любые препятствия. Высокая технологичность конструкции барж, их секционная постройка, полный отказ от заклепок в пользу сварных соединений, проводившаяся на заводах предварительная сборка корпусов барж на электроприхватках с последующей разборкой на секции и транспортировкой на Ладогу – все это и обеспечивало ускорение темпов работы на верфи.

Конкретность сменных заданий для каждого исполнителя, четкое распределение обязанностей между руководителями устраняли всякие недоразумения, недоговоренности между работающими. Понимание важности задания для судьбы Ленинграда, сплоченные действия коллектива – вот основные причины, породившие «чудо» в бухте Гольсмана.

До недавнего времени в этой бухте практически ничего не напоминало о том времени. Теперь положение исправлено. 12 сентября 2012 г. в бухте Гольсмана по инициативе Совета ветеранов войны и труда судостроительного завода «Северная верфь» торжественно установлен памятный знак, рассказывающий о действовавшей здесь с 1942 г. временной Ладожской верфи.



ЛИТЕРАТУРА

1. Боголюбов С.А. На стапелях под огнем. – Лениздат, 1986. – 384 с.
2. Лебедев А. Корабельная сторона. – Северодвинск, 18.09.2007.
3. Подшивалов Л., портал «Корабел», 12 сентября 2006.
4. <http://www.arhpress.ru/korabel/2006/9/12/5.shtml> ■

Семнадцатый морской министр, военно-морской деятель, член Государственного Совета, член конференции Николаевской морской академии, вице-адмирал Степан Аркадьевич Воеводский родился 3 мая (22 марта) 1859 г. в Санкт-Петербурге. Из потомственных дворян Смоленской губернии.

23(11).09.1874 г. юноша поступил в Морское училище (Морской корпус) воспитанником, а с 28(16).04.1875 г. ему началась засчитываться действительная служба во флоте. С 4 июня (23 мая) по 1 сентября (20 августа) 1875 г. воспитанник Морского училища Воеводский находился в первом плавании по Балтийскому морю на 18-пушечном винтовом корвете «Варяг».

16(4).11.1876 г. его произвели в младшие унтер-офицеры, а в 1877 г. – в старшие. Учебная практика младшего унтер-офицера проходила в плавании по Балтийскому морю на корвете «Гилляк», а в 1877 г. уже старший унтер-офицер Воеводский проходил практику там же на корвете «Варяг».

28(16).04.1878 г. по приказу генерал-адмирала великого князя Константина Николаевича Воеводский произведен в гардемарины и назначен в 5-й флотский экипаж. Уже второй год шла русско-турецкая война 1877–1878 гг.

Практику 1878 г. гардемарин Воеводский проходил в кругосветном плавании на 6-пушечном винтовом клипере «Джигит». 11.09.(30.08).1878 г. Воеводского производят в мичманы.

2.09.1882 г. циркуляром инспекторского департамента Морского ведомства мичман (первое офицерское звание в русском флоте) С. Воеводский был прикомандирован к 8-му флотскому экипажу на время сдачи вступительного экзамена в Николаевскую морскую академию, а 25.10.1882 г. он зачислен в нее постоянным слушателем на кораблестроительное отделение.

13(1).01.1884 г. С. Воеводский был произведен в лейтенанты, а через 20 дней, 18(6) ноября, Главный морской штаб (ГМШ) объявил, что он по 1-му разряду окончил кораблестроительное отделение Николаевской морской академии.

Молодой выпускник академии был прикомандирован к Санкт-Петербургской портовой конторе, а затем назначен наблюдателем за постройкой миноносцев в Новом Адмиралтействе.

16(4).03.1886 г. приказом командира Кронштадтского порта лейтенант Воеводский был назначен командиром 6-й роты команды императорской винтовой яхты «Царевна», затем в 1887 г. он дважды, сперва в должности вахтенного начальника, а потом минного офицера,

СЕМНАДЦАТЫЙ МОРСКОЙ МИНИСТР ИМПЕРАТОРСКОГО ФЛОТА РОССИИ ВИЦЕ-АДМИРАЛ С.А. ВОЕВОДСКИЙ

С.П. Сирый, проф., капитан 1 ранга запаса, председатель военно-исторической секции Дома ученых РАН, председатель секции истории Российского флота и историограф СПб МС, заслуженный работник высшей школы России, контакт. тел. (812) 4319423



находился в плавании по Балтийскому морю на этой яхте под командованием капитана 2 ранга А.Х. Кригера.

В январе 1893 г. Степана Аркадьевича предписанием ГМШ назначают в Комиссию под председательством контр-адмирала Развозова для составления заключения о столкновении парохода Русского общества пароходства и торговли с пароходом торгового дома Майер.

В ноябре 1895 г. С.А. Воеводского командируют в Гавр, к месту постройки крейсера 1 ранга «Светлана». Приказом от 18(6) декабря 1895 г. Воеводского производят в капитаны 2 ранга; 4.04.(21.03).1896 г. награждают серебряной медалью на Александровской ленте в память царствования императора Александра III, а 1.04.(20.03).1899 г. – серебряной медалью в память коронации императора Николая II.

14(2).08.1899 г. С.А. Воеводский становится командиром мореходной канонерской лодки «Храбрый» с переводом в 1-й флотский его императорского высочества генерал-адмирала Константина Николаевича экипаж.

9 сентября (28 августа) 1899 г. с Кронштадтского рейда канонерская лодка снялась с якоря и отправилась в заграничное плавание под его командованием. Однако буквально через несколько часов в шкиперском отделении появилась вода. Ус-

тановили, что она поступает со стороны левого борта, там, в стыке броневой палубы у 12–13-го шп. вследствие некачественных работ при постройке образовалась щель. Щель забили деревянными клиньями с ветошью и салом. Прошло чуть больше часа, и вода показалась уже в трюме рулевого отделения и офицерском провизионном погребе, куда она проникала через отверстие в обшивке под броней – там вместо заклепки был вставлен болт. Отверстие загерметизировали паклей на сурике.

На переходе из Копенгагена в Киль «Храбрый» попал в шторм. Из-за перегрузки нос плохо всходил на волну, вода подмочила офицерские каюты в районе 60–65-го шп. От ударов волн лопнули два иллюминатора. Наблюдалась сплошная течь верхней палубы по заклепкам и болтам. Из минного отделения воду постоянно откачивали брандспойтом. Желоба с электропроводкой наполнились соленой водой, вследствие этого произошло короткое замыкание, воспламенились провода на полубаке, освещение вышло из строя.

«Храбрый» зашел в Копенгаген, где С.А. Воеводский был принят в Бенсдорфе Николаем II, который находился тогда там. «Я не считал себя вправе скрывать от него что-либо», – объяснил впоследствии Степан Аркадьевич свой рапорт. Император приказал произвести все нужные исправления, спросив, где лучше это сделать. Степан Аркадьевич предложил продолжить плавание, чтобы при хорошей погоде пройти Бискайский залив и стать на ремонт в Тулоне.

В Петербурге тем временем всем причастным к строительству и испытанию «Храброго» разослали выписки из рапортов С.А. Воеводского для сведения, МТК поручили дать заключения о причинах недостатков постройки, а Главному управлению кораблестроения и снабжения (ГУКиС) срочно изыскать источники финансирования ремонта.

В конце ноября «Храбрый» пришвартовался к пристани завода общества «Форж и Шантье де ла Медитерране» в Ла-Сейне, где его уже поджидала комиссия во главе с командиром император-

ской яхты «Штандарт» капитаном 1 ранга Римским-Корсаковым 1-м. В состав комиссии вошли: младший судостроитель К.П. Боклевский, старший инженер-механик П.П. Ведерников, директор завода М. Лагань и делопроизводитель лейтенант Змеев с «Храброго». Комиссия, осмотрев лодку, подтвердила все недостатки и выявила множество новых.

Все работы выполняли на плаву, предварительно разгрузив лодку. При пробном снятии нескольких броневых болтов из отверстий полилась вода, а сами они оказались неправильной формы и значительно больших размеров. Немало удивившись особенностям российского судостроения, французы все зафиксировали и приобщили к делу целый альбом фотографий, копии которых были отправлены в Петербург.

Ознакомившись с материалами из Парижа, управляющий Морским министерством П. Тыртов разослал их всем причастным к постройке «Храброго» и постановил на вид за дурное исполнение работ, вызвавшее необходимость капитального ремонта в иностранном порту. Инженеру К. Боклевскому поручили вести наблюдение за ним. Был найден крайний – старший судостроитель Н. Михайлов, руководивший достройкой судна при навешивании брони. «Оставление его более на службе» сочли невозможным.

К большой радости К. Боклевского, вся подводная часть оказалась в полном порядке и была выполнена на хорошем уровне. Далее К.П. Боклевский взял на себя смелость изложить свое видение причин неудачной работы: «Недостаток хороших мастеровых и низкая квалификация имеющих, из-за чего работы выполняются небрежно и часто теоретически неправильно; отсутствие контроля со стороны чертежной; некачественность материалов; отсутствие у строителя самостоятельности и избыток канцелярской работы».

В это же время все причастные к постройке «Храброго» сочиняли объяснительные записки по поводу обнаруженных дефектов. Корабельный инженер Петербургского порта Н.А. Субботин указывал: «Лодку стремились быстрее отправить в плавание». МТК больше упирал на отсутствие самостоятельности: «Где нет полной самостоятельности, не может быть и полной ответственности». И как вывод: «Виновата сама система судостроительного дела в казенном строении». После исправления всех недостатков был подписан приемосдаточный акт; «евроремонт» обошелся российской казне в 447 601 франков 43 сантима (172 239 руб.), что составило больше четверти стоимости постройки корпуса. *Но на состоянии казенного российского судостроения произошедшее никак не повлияло, понадобилось поражение*

в русско-японской войне 1904–1905 гг.

Облегченная после ремонта канонерская лодка отправилась в греческий порт, где она вошла в состав отряда контр-адмирала А.А. Бирилева, целью которого было поддержание мира на о. Крит, где недавно произошло восстание греков. Канонерская лодка «Храбрый» под командой С.А. Воеводского в течение нескольких лет совершала походы между портами Средиземного моря, как в составе отряда, так и в одиночку. Кроме того, отряд А. Бирилева являлся резервом для морских сил Дальнего Востока.

18(5).02.1901 г. Степан Аркадьевич был отчислен от должности командира канонерской лодки «Храбрый», 4 мая (21 апреля) того же года переведен в 14-й флотский экипаж, а 4 ноября (22 октября) назначен командиром учебного судна «Верный».

9 октября (25 сентября) 1902 г. капитан 2 ранга С.А. Воеводский был зачислен в Николаевскую морскую академию (во второй раз) на курс военно-морских наук, которую успешно окончил 14 (1) апреля 1903 г. и возвратился на судно «Верный».

Приказом по Морскому ведомству от 19(6) декабря 1904 г. за отличие по службе С.А. Воеводский произведен в капитаны 1 ранга с утверждением в должности командира крейсера 1 ранга «Герцог Эдинбургский», 26(13) декабря этого же года ему был пожалован орден Св. Владимира 4-й с бантом за 25-летнюю выслугу в офицерском чине и совершение восьми шестимесячных кампаний.

31(18) мая 1906 г. он был назначен командующим учебным отрядом Морского кадетского корпуса на кампанию того года, 30(17) августа 1906 г. Степан Аркадьевич приказом по Морскому ведомству назначен исполнять должность начальника Николаевской морской академии и директора Морского корпуса. Это было время, когда назрели коренные реформы в Морском ведомстве. Начались преобразования подготовки будущих офицеров как в стенах Морского корпуса, так и во время плавания на судах отряда, а также преобразования Николаевской морской академии.

18(5) апреля 1907 г. за отличие по службе произведен в контр-адмиралы.

20 (7) июля в 1908 г. С.А. Воеводский был утвержден в должности товарища морского министра с оставлением в свите его императорского величества. Дальнейшая карьера Степана Аркадьевича, несмотря на отсутствие особых заслуг, боевого опыта и твердых взглядов на военно-морское строительство, оказалась стремительной, но непродолжительной.

19(6) 1908 г. октября С.А. Воеводский был назначен членом конференции Николаевской морской академии,

21 (8) января 1909 г. его назначают на пост морского министра с оставлением в свите Николая II. 17 (4) сентября 1909 г. Степан Аркадьевич был произведен уже в вице-адмиралы.

28.02.1911 г. на его имя был получен высочайший рескрипт: «В заботах о скорейшем воссоздании боевого флота мною было поручено членам Государственного Совета ...обследовать в хозяйственном и административном отношениях деятельность Главного управления кораблестроения и снабжений, казенных морских заводов и портов и по обследовании представить мне о наилучших способах достижения указанной цели...»

Из заключения я с полным удовлетворением убеждаюсь в том, что обследование деятельности предсказанных мною учреждений Морского ведомства не обнаружило таких обстоятельств, которые давали бы повод подозревать злоупотребления...

Признавая, тем не менее, необходимость предупредить возможность нарушения в будущем правильного хода деятельности Морского министерства поручаю вам:

1. Представить вам на мое утверждение особое положение о порядке составления и утверждения проекта кораблей и о выполнении этих проектов.

2. Внести на рассмотрение Адмиралтейств-совета вопрос о возможности преобразования Главного управления кораблестроения и снабжений и технического комитета на началах, предложенных во всеподданнейшем докладе членов Государственного Совета, производивших обследование, и заключение Адмиралтейств-совета представить мне одновременно с проектом общего преобразования центральных управлений Морского ведомства.

3. При закатываемом в настоящее время пересмотре положения об управлении заводами Морского ведомства иметь в виду указываемые во всеподданнейшем докладе ...несовместимости действующего положения и принять меры к их устранению.

4. По представлении мне проекта нового положения об управлении центральными учреждениями Морского ведомства незамедлительно перейти к окончательной разработке нового положения об управлении военными портами и закончить это дело в ближайший, по возможности, срок. Пребываю к вам неизменно благосклонный.

Николай».

Но через 20 дней С.А. Воеводский был уволен с поста морского министра.

Необходимость реформы Морского ведомства созревала как правительством, так и личным составом самого флота. Тем не менее даже те слабые попытки нового курса, которые были сделаны его предшественниками, С.А. Воеводский постепенно ликвидировал. Так, положение о начальниках морских сил наших морей, на которых возлагалась ответственность за боевую подготовку флота, постепенно изменялось, и начальники опять превращались в прежних флагманов с ограниченным кругом полномочий. Учебные отряды, из которых одно время только и состоял русский флот, вновь разрастались в ущерб боевому флоту. Разрабатывался план восстановления прежних флотских экипажей, в которые предполагалось вновь поселять на зиму свозимые с кораблей команды. Хозяйство

Морского ведомства при С.А.Воеводском оставалось в прежнем состоянии, играя самодовлеющую, а не подчиненную боевым задачам флота роль.

31 (18) марта 1911 г. Степана Аркадьевича, который был назначен членом Государственного Совета, на посту морского министра сменил вице-адмирал И.К.Григорович.

В 1913 г. С.А.Воеводскому было присвоено звание адмирала.

19 (6) сентября 1917 г. Степан Аркадьевич написал письмо бывшему в то время морскому министру Временного правительства контр-адмиралу Д.Н. Вердеревскому «с просьбой об увольнении в отставку по расстроенному здоровью, с мундиром и пенсией».

Так завершилась морская служба семнадцатого морского министра императорского флота России. После Гражданской войны С.А.Воеводский покинул Россию. Умер в эмиграции 18 августа 1937 г. в г. Виши и похоронен в Ницце (Франция). С.А. Воеводскому принадлежит несколько научных работ по морским вопросам. ■

С 24 по 27 сентября 2013 г. в Санкт-Петербурге пройдет 12-я Международная выставка и конференция по судостроению, судоходству, деятельности портов и освоению океана и шельфа «НЕВА-2013» – одна из крупнейших в мире среди гражданских морских выставок. В выставке и конференции «НЕВА» примут участие более 700 фирм и предприятий из 45 стран, включая 17 национальных павильонов и экспозиций. За 20 лет своего существования этот Петербургский форум по праву снискал себе славу одной из ведущих мировых площадок, на которой демонстрируются самые передовые разработки в сфере морской деятельности.

Целью проводимых мероприятий являются демонстрация и продвижение продукции и услуг российских разработчиков и производителей на мировой рынок, поддержка промышленного экспорта России, содействие международной кооперации в области инновационного развития судостроения, трансфер в национальную промышленность передовых национальных и зарубежных

ДВЕНАДЦАТАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА И КОНФЕРЕНЦИЯ «НЕВА – 2012»

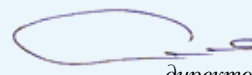
(письмо № 09-7726 от 13.11.2012)

технологий и инвестиций в области гражданского судостроения и производства морской техники, повышение международного имиджа российского судостроения и судоходства как конкурентоспособного и полноправного партнера на глобальных морских рынках. Выставка и конференция «НЕВА» активно способствуют интеграционным процессам в судостроении и смежных отраслях, взаимодействию зарубежных и отечественных судовладельцев.

Положительный опыт проведения данного мероприятия показывает, что российское судостроение готово продемонстрировать свои новые технологии и возможности, активнее выходить на мировой рынок с собственной конкурентоспособной продукцией.

Считаю участие Вашего предприятия в выставке и конференции «НЕВА-2013» необходимым и надеюсь, что это будет способствовать продвижению Вашей продукции на отечественный и международный морской рынок, повышению авторитета российского судостроения.

Научно-методическое и организационно-техническое обеспечение участия в проводимых мероприятиях предприятий судостроительной отрасли Департамент возлагает на ФГУП «Крыловский государственный научный центр».

**Л.В. Стругов,**
директор Департамента
судостроительной промышленности и
морской техники Минпромторга России

Заявки на участие в конференции направлять по адресу: ФГУП «Крыловский государственный научный центр», 196158, Санкт-Петербург, Московское шоссе, 44.

**Телефон (812) 386-67-15, факс (812) 727-95-94.
E-mail: krylov@krylov.spb.ru. www.krylov.com.ru**

Заявки на участие в выставке направлять по адресу: ЗАО «Транстех Нева Экспозишнс», 199106, Санкт-Петербург, Большой проспект, В. О., 103, «Ленэкспо».

**Телефон (812) 321-26-76, факс (812) 321-26-77.
E-mail: ttn@peterlink.ru. www.transtec-neva.ru**

Уважаемые коллеги!

Выставка и конференция «НЕВА-2013» пройдет при традиционной поддержке ОАО «Объединенная судостроительная корпорация», которая примет участие с экспозицией, посвященной вопросам гражданского судостроения, производства морской техники, освоения океана и шельфа, строительства флота для обеспечения арктических экспортных и транзитных перевозок, включая морские перевозки углеводородов, судов поддержки шельфовых операций, ледокольного и портового флота

По оценке лидеров национального и международного морского рынка, выставка «НЕВА» способствует расширению и углублению интеграционных процессов в судостроительной промышленности и смежных отраслях россий-

ской экономики, трансфера передовых технологий и инвестиций в сферу гражданского судостроения и российскую промышленность в целом.

Мы также отмечаем, что выставка и конференция «НЕВА»:

стала общепризнанной площадкой развития делового сотрудничества участников международной кооперации в области создания морских технических средств для освоения шельфа и эксплуатации Северного морского пути, а также в производстве широкого спектра конкурентоспособных гражданских судов;

обеспечивает демонстрацию национальных достижений и перспектив в области разработки, производства, поставки, обслуживания, ремонта и утилизации морской и речной техники

гражданского назначения, а также передовых мировых достижений в данной сфере; оказывает содействие центрам российского судостроения в освоении эффективных технологий, в том числе в части освоения океана и шельфа и, как следствие, вносит вклад в повышение конкурентоспособности российского судостроения.

От имени ОАО «ОСК» приглашаем Вас принять участие в выставке и конференции «НЕВА-2013» и посетить экспозицию нашей корпорации.

**А.А. Дьячков,**
президент ОАО «Объединенная
судостроительная корпорация»

Автор представляет статью в электронном виде объемом до 20 000 знаков с распечаткой (1 экз.). Текст набирается в редакторе MS Word под Windows. Иллюстрации, помещенные в статью, должны быть представлены дополнительно в форматах: TIFF CMYK (полноцветные), TIFF GRAYSCALE (полутоновые), TIFF BITMAP (штриховые), EPS, JPEG, с разрешением 300 dpi для полутоновых, 600 dpi для штриховых и в размерах, желательных для размещения.

Статья должна содержать реферат объемом до 500 знаков, ключевые слова и библиографо-библиотечный индекс УДК. Автор указывает ученую степень, ученое звание, место работы, должность и контактный телефон, а также дает в письменной форме разрешение редакции журнала на размещение статьи в Интернете и Научной электронной библиотеке после публикации в журнале.

Статьи соискателей и аспирантов принимаются к публикации на бесплатной и безгонорарной основе. Рецензирование этих статей осуществляет редакционная коллегия с привлечением при необходимости профильных специалистов. В случае отказа в публикации автору высылается рецензия.

Содержание журнала ежеквартально представляется на рассмотрение редакционному совету. Решение о выпуске очередного номера оформляется протоколом.

РЕФЕРАТЫ

УДК 629.5 (091) **Ключевые слова:** высокоскоростной катер, мореходность, проектирование

А.В. Шляхтенко, Д.Ю. Литинский. Эволюция высокоскоростных катеров // Морской вестник. 2012. №4. С. 9

Рассмотрено развитие проектирования и строительства высокоскоростных катеров различного назначения, начиная с первой половины и до конца XX в. Приведены способы повышения мореходности и снижения перегрузок катеров при ходе на волнении на примерах деятельности наиболее выдающихся зарубежных конструкторов-кораблестроителей. Выполнена периодизация основных этапов НИОКР в области проектирования высокоскоростных катеров, а также дано краткое сравнительное описание двух высокоскоростных патрульных катеров с обводами типа «глубокое V» с различными пропульсивными комплексами. Ил. 7.

УДК 621.12 **Ключевые слова:** «Алмаз», пограничный сторожевой корабль, пограничное судно ледового класса, пограничный катер

«Алмаз» укрепляет границы Родины // Морской вестник. 2012. №4. С. 13

Сообщение о последних работах фирмы «Алмаз» – выполнении заказов Пограничной службы ФСБ России: сдаче кораблей пр. 22460, 12200, 22120. Ил. 4.

УДК 621.039.533.6 **Ключевые слова:** информационные технологии, проектирование, оптимизация

А.М. Абдрахманов, Д.В. Серкевич, С.Н. Степанов. Оптимизация процесса проектирования заказа // Морской вестник. 2012. №4. С. 17

Предлагается разработать Единое положение по проектированию гражданских судов морского и речного транспорта. Решение поставленной задачи будет способствовать формированию единой политики в области информационных технологий для «ОСК», что позволит снизить трудоемкость проектирования и производства, а также издержки и сроки выпуска продукции. Ил. 1.

УДК 629.562 **Ключевые слова:** большой морозильный рыболовный траулер (БМРТ), проектирование, размерения, технические характеристики

В.В. Шаталов, В.В. Волков. Большой морозильный рыболовный траулер // Морской вестник. 2012. №4. С. 20

Знакомит с состоянием судов рыбопромыслового флота РФ. В целях его восстановления КБ «Вымпел» разработан проект БМРТ. Приведены его размерения, технические характеристики. Ил. 1.

УДК 061.43:623.8 **Ключевые слова:** выставка SMM-2012, мировое судостроение, тенденции

Е.А. Горин, К.С. Чернов. Тенденции мирового судостроения по итогам SMM-2012 // Морской вестник. 2012. №4. С. 21

Знакомит с итогами ведущей мировой специализированной выставки в области судостроения, судового машиностроения и морских технологий Shipbuilding Machinery and Marine Technology (SMM-2012). Подробно проанализированы тенденции мирового судостроения, которые выявила выставка. Т.5. Ил.6.

УДК 621.311:629.5 **Ключевые слова:** ОАО «ЭРА», создание предприятия, электрооборудование, малога-

баритная аппаратура, защита кораблей

Время подтверждает нашу надежность: К 90-летию ОАО «ЭлектроРадиоАвтоматика» // Морской вестник. 2012. №4. С. 26

К своему 90-летию предприятие подошло с хорошими показателями, увеличив объем производства продукции, прежде всего электрооборудования, более чем в 1,5 раза.

Знакомит с историей создания предприятия, его развитием. Особое внимание уделено работе предприятия в настоящее время. Ил. 20.

УДК 629.127:620.4:621.352.6 **Ключевые слова:** автономный подводный аппарат, гибридная электроэнергетическая установка, электрохимический генератор, аккумуляторная батарея, диаграмма нагрузки, система энергораспределения, система хранения, прочный корпус, выбор параметров.

Ю.А. Боженов, Н.П. Шаманов. Гибридные электроэнергетические установки подводных аппаратов // Морской вестник. 2012. №4. С. 31

В автономных подводных аппаратах (ПА) длительного функционирования достижение высоких показателей удельной энергии и удельной мощности, а также высоких динамических характеристик возможно при использовании гибридных электроэнергетических установок (ЭУ) на основе электрохимических генераторов (ЭХГ) и аккумуляторных батарей (АБ) с одновременной возможностью подзарядки АБ от ЭХГ. При разработке таких ЭУ возникают задачи рационального энергораспределения между ЭХГ и АБ, реализации схемных решений ЭУ, выбора расчетной мощности ЭХГ с учетом ее резервирования и ряд других задач. Рассмотрены возможные технические решения подобных задач и их связи с условиями функционирования ПА. Т. 1. Ил. 16. Библиогр. 12 назв.

УДК 621.3 **Ключевые слова:** электродвижение судов, единая электроэнергетическая система (ЕЭЭС), главный распределительный щит, высокое напряжение

А.А. Неёлов, В.Ф. Косообоков, М.П. Тихомиров. Вопросы безопасности применения напряжения 6 (10) кВ на морских объектах // Морской вестник. 2012. №4. С. 37

Рассмотрены перспективы применения единых электроэнергетических систем (ЕЭЭС) напряжением 6(10) кВ на судах с электродвижением и обеспечение безопасности их функционирования средствами главного распределительного щита (ГРЩ). Представлена разработанная ОАО «Новая ЭРА» концепция безопасного автоматизированного «интеллектуального» ГРЩ напряжением 6(10) кВ нового поколения, которая в перспективе станет основой безопасной эксплуатации ЕЭЭС напряжением 6(10) кВ судов и других морских объектов. Т. 1. Ил.1.

УДК 621.431 **Ключевые слова:** мощность судового двигателя, полужидкостное трение, отказ подшипников коленчатого вала

М.Д. Емельянов. Влияние запаса мощности судового главного двигателя на частоту отказов опорных подшипников коленчатого вала // Морской вестник. 2012. №4. С. 41

Предложена математическая зависимость между степенью нагруженности судового главного двигателя и частотой отказов подшипников коленчатого вала. Показан процесс появления режима полужидкостного трения при перегрузках двигателя. Приведены фор-

мулы для расчета вероятности отказа двигателя в рейсе, позволяющие определять его оптимальную мощность. Ил. 5. Библиогр. 5 назв.

УДК 623 **Ключевые слова:** гидрораспределитель, разработка, техническая характеристика, электромагнит, принцип действия, установка, преимущества

А.Н. Гаврилова. Гидрораспределители прямого действия // Морской вестник. 2012. №4. С. 44

Изложены результаты конструкторских разработок в области распределительной гидроаппаратуры для судовых устройств. Приведены виды гидрораспределителей прямого действия, их устройство, принцип действия и установки, показаны их основные преимущества. Ил. 4. Библиогр. 2 назв.

УДК 65.011.46 **Ключевые слова:** судовое машиностроение, судовая трубопроводная арматура, методы наплавки, детонационное напыление, износостойкость, фторопласт

М.С. Смаковский. Основные направления модернизации технологических процессов изготовления судовой трубопроводной арматуры в ОАО «Армалит-1» // Морской вестник. 2012. №4. С. 49

Рассмотрены вопросы повышения износостойкости элементов судовой трубопроводной арматуры, применения детонационного напыления. Приведено сравнение характеристик различных фторопластов. Т.1. Библиогр. 2 назв.

УДК 621.43 **Ключевые слова:** установка гарантированного электропитания, реверсивный преобразователь электроэнергии, дизель-генераторная установка, параллельная работа

И.О. Пруткинов, В.В. Камлюк, В.И. Михайлов, А.В. Маккаев. Перспективы применения реверсивных преобразователей электроэнергии в установках гарантированного питания автономных объектов // Морской вестник. 2012. №4. С. 53

Проанализированы возможности и перспективы применения статических реверсивных преобразователей электроэнергии в установках гарантированного питания. Предложены схемы установок гарантированного питания на базе совместного применения реверсивных преобразователей электроэнергии и дизель-генераторных установок. Ил.3. Библиогр. 5 назв.

УДК 629.5.061 **Ключевые слова:** боевая информационно-управляющая система, модернизация, интеграция

А.А. Копанев, О.Н. Музыченко. Современным кораблям флота России – новое поколение БИУС «Требовање-М» // Морской вестник. 2012. №4. С. 57

Рассмотрены направления модернизации боевой информационно-управляющей системы (БИУС) «Требовање-М» для поставки на корабли ВМФ России и пути ее дальнейшего развития. Ил.4. Библиогр. 5 назв.

УДК 629.735 **Ключевые слова:** радиолокационное вооружение, станция целеуказания, радиолокационная комплексная система

П.Б. Антонов, В.П. Иванов. Радиолокационная продукция ОАО «Концерн «Гранит-Электрон» и его дочерних предприятий // Морской вестник. 2012. №4. С. 63

Знакомит с основными видами продукции концерна и его дочерних предприятий: современной радиолокационной комплексной системой (РЛКС), малогабаритной РЛКС для

подводных лодок, а также корабельной радиолокационной станцией целеуказания и др. Обозначены их возможности и состав, области применения. Ил. 8.

УДК 371.69 **Ключевые слова:** тренажер, оператор, интеллект, управление, модель, тактика, технология, реализация

К.Ю.Шилов, В.В. Кобзев, Ю.Н. Сизов. Интеллектуальные тренажеры ОАО «Концерн «НПО «Аврора» // Морской вестник. 2012. №4. С. 67

Приведены основные принципы и положения концепции разработки тренажеров нового поколения. Описана технология создания модуля тактико-специального тренажерного комплекса, тактического модуля и модуля моделирующего устройства тренажера. Показаны функциональные возможности интеллектуальных тренажеров. Ил. 9. Библиогр. 4 назв.

УДК 623.821 **Ключевые слова:** приборостроение, морская техника гражданского назначения, Федеральная целевая программа (ФЦП)

Л.М. Клячко, В.С. Жемойдо. Об участии предприятий подотрасли приборостроения судостроительной промышленности в создании новой российской морской техники гражданского назначения // Морской вестник. 2012. №4. С. 73

Технический уровень и эффективность приборной и радиоэлектронной техники в значительной степени определяют конкурентность конечной продукции судостроения. По основным направлениям Федеральной целевой программой «Развитие гражданской морской техники на 2009–2016 гг.» уже получены практические результаты, однако их внедрению мешает ряд препятствий, которые и обозначены в статье и на которые ее авторы обращают внимание правительственных организаций. Ил. 5.

УДК 658.012.678.026.2 **Ключевые слова:** автоматизированная система, отказоустойчивость, Единая автоматизированная системная обработка геопространственной информации (ЕАСО ГПИ)

А.А. Лазарев. Архитектура отказоустойчивой автоматизированной системы кластерного типа // Морской вестник. 2012. №4. С. 77

Практически ко всем автоматизированным системам предъявляется одно из основных требований – отказоустойчивость. В настоящей статье рассмотрен один из путей достижения хорошей степени отказоустойчивости программного продукта на уровне средств операционной системы и аппаратного обеспечения.

Все приводимые в статье концепции в настоящий момент применяются в работе над ЕАСО ГПИ, разрабатываемой ЗАО «Транзас». Система прошла государственные испытания, полученные решения положены в основу создания береговых автоматизированных информационных систем и бортовых интегрированных систем управления корабля высокой функциональной надежности и доступности. Ил. 3.

УДК 621.039.58 **Ключевые слова:** методология, алгебра событий, алгебра высказываний, вероятностный анализ безопасности, математический аппарат, надежность, живучесть, безопасность, программный комплекс, ПЭВМ, БАРС

Г.А. Ершов, А.И. Калинин, С.А. Петров, Н.Я. Щербина. Современные компьютерные технологии и вероятностный анализ безопасности корабельных ядерных энергетических установок // Морской вестник. 2012. №4. С. 79

Изложена методология вероятностного анализа безопасности объектов атомной энергетики, приведены основные сведения о математическом аппарате, положенном в основу предлагаемого метода моделирования и расчета показателей надежности, живучести и безопасности корабельных ЯЭУ, описаны характеристики программного комплекса БАРС, разработанного для решения указанных задач. Ил. 8. Библиогр. 12 назв.

УДК 651.61 **Ключевые слова:** комплекс, многолучевой эхолот, рельеф дна, гидрографическая съемка, циф-

ровая модель, гидролокатор многолучевого обзора

Р.А. Андреев. Комплексы многолучевых эхолотов // Морской вестник. 2012. №4. С. 85

Статья отражает практический опыт создания комплексов многолучевых эхолотов и принципы их построения, особенности использования. Приведены основные характеристики многолучевых эхолотов, на базе которых строятся такие комплексы. Показана типовая структурная схема. Перечислены преимущества комплексного подхода к оснащению гидрографических судов многолучевыми эхолотами. Т. 1. Ил. 4.

УДК 621.039.533.6 **Ключевые слова:** высокоскоростные суда, малые суда, ускорение, безопасность, комфорт

А.Г. Назаров. Особенности оценки ускорений при проектировании и эксплуатации малых высокоскоростных судов // Морской вестник. 2012. №4. С. 88

Проанализированы методы оценки безопасности и комфорта по ускорениям малых высокоскоростных судов, основанные на обобщении результатов испытаний и применимые на ранних стадиях проектирования и в эксплуатации. Ил. 6. Библиогр. 16 назв.

УДК 534.222 **Ключевые слова:** корпус судна, антикоррозийное и лакокрасочное покрытие, ускоренное отвердевание, акустическое поле, конверсионная технология

С.А. Бахарев, Г.П. Дремлюга, А.В. Рогожников. К вопросу использования конверсионных технологий акустики в судостроении и судоремонте // Морской вестник. 2012. №4. С. 93

Подробно рассмотрена специфика нанесения антикоррозийных и лакокрасочных покрытий на корпуса судов, в том числе в зоне переменного смачивания и непосредственно под водой. Показана возможность силового нанесения таких покрытий на неровные (класс St3) и увлажненные поверхности, а также ускоренного их отвердевания в акустическом поле. Приведены результаты испытаний, подтверждающие повышение на 40–50% адгезии покрытий при сокращении на 30–40% продолжительности их отвердевания и уменьшения на 20–30% их расхода. Т.2. Ил. 8. Библиогр. 6 назв.

УДК 658.524.001.1:629.50 **Ключевые слова:** судно смешанного река-море плавания, энергоэффективность, конструктивный коэффициент энергоэффективности (ККЭЭ)

Г.В. Егоров, Д.В. Колесник. Энергоэффективность судов смешанного плавания нового поколения // Морской вестник. 2012. №4. С. 97

В связи с принятием поправки к Прилож. VI к МАРПОЛ относительно правил предотвращения загрязнения атмосферы с судов для каждого нового судна должен вычисляться конструктивный коэффициент энергоэффективности. В статье основное внимание уделено способу расчета ККЭЭ с целью повышения энергоэффективности судна и проблемам, возникающим при этом. Т.8. Ил. 10. Библиогр. 19 назв.

УДК 614.843 **Ключевые слова:** состояние сложной технической системы, прогнозирование, детерминированное наблюдение и стохастическая фильтрация, фильтр Калмана, рекурсивные оценки с конечной памятью, робастный коэффициент передачи, рекуррентно-взвешенный МНК, локально-полиномиальное сглаживание, фильтр с постоянным коэффициентом передачи

В.А. Колесник, В.А. Солонько, А.В. Макшаков. Оценка состояния технической системы и прогнозирование его изменения // Морской вестник. 2012. №4. С. 105

Говорит о проблемах статистической и динамической неопределенности алгоритмов оценки состояния сложных технических систем, а также прогнозирования его изменения. Выполнен анализ модификаций фильтров Калмана, позволяющих решать эти проблемы. Ил.2. Библиогр. 8 назв.

УДК 629.124 **Ключевые слова:** программно-аппаратный комплекс, опыт кренования, точность экспериментов, автоматизация, судно

Д.А. Бусоргин, Е.М. Грамузов, В.А. Зуев, Б.П. Ионов. Использование программно-аппаратного комплекса для автоматизации проведения опытов кренования судов // Морской вестник. 2012. №4. С. 110

Предложен программно-аппаратный комплекс для проведения опытов кренования судов. Комплекс позволяет автоматизировать трудоемкие операции проведения опытов, обработку результатов и составление отчетной документации, а также повысить точность экспериментов. Т. 3. Ил. 1. Библиогр. 5 назв.

УДК 539.3:629.12.011 **Ключевые слова:** имитационное моделирование, системный подход, начальная стадия разработки проекта, мореходные качества, управляемость, потеря скорости на волнении

О.А. Матвеева, Ю.П. Потехин, И.В. Челпанов. О целесообразности применения динамических моделей движения судов в системах автоматизированного проектирования их жизненного цикла // Морской вестник. 2012. №4. С. 113

Обсуждены возможности математического моделирования различных условий плавания судна для решения проектных задач и полученные результаты его применения. Обоснованы роль и целесообразность использования математического моделирования движения судна в системе автоматизированного проектирования его жизненного цикла. Т. 1. Ил. 2. Библиогр. 6 назв.

УДК 341 **Ключевые слова:** ограничение ответственности, классификационные общества, международно-правовое регулирование, безопасность мореплавания, иски третьих лиц

М.К. Рождественская. Правовое регулирование ограничения ответственности классификационных обществ // Морской вестник. 2012. №4. С. 115

Дан обзор действующих нормативно-правовых документов, регулирующих ответственность классификационных обществ. Проанализирована применимость положений Международной конвенции о гражданской ответственности за ущерб от загрязнения нефтью к деятельности классификационных обществ, представлены предложения и рекомендации в отношении механизма правового регулирования ограничения ответственности классификационных обществ. Ил.1. Библиогр. 16 назв.

УДК 061.43 **Ключевые слова:** РосНТО, съезд, итоги

IV Всероссийский съезд судостроителей // Морской вестник. 2012. №4. С. 120

Сообщение об итогах IV Всероссийского съезда судостроителей. Приведены список избранных членов Центрального правления РосНТО судостроителей и постановление, в котором обозначены планы на будущее.

УДК 629.5 **Ключевые слова:** С.А. Боголюбов, бухта Гольсмана, верфь, Ладога, блокада Ленинграда, баржа

И.О. Ивановский, Е.Ю. Лерман. «Огненный» директор // Морской вестник. 2012. №4. С. 123

Знакомит с постройкой в годы Великой Отечественной войны временной верфи в бухте Гольсмана, вблизи Осиновца. Руководил работами С.А. Боголюбов, «огненный» директор, как его можно назвать. Строительство на этой площадке барж грузоподъемностью 900 т сыграло немалую роль в снабжении блокадного Ленинграда. Ил. 4. Библиогр. 4 назв.

УДК 629.5 **Ключевые слова:** морской министр С.А. Воеводский, биография

С.П. Сирый. Семнадцатый морской министр императорского флота России вице-адмирал С.А. Воеводский // Морской вестник. 2012. №4. С. 126

Подробно знакомит с биографией С.А. Воеводского, его пассивную ролью в реформировании Морского ведомства и флота, которые назрели к началу XX в. Ил.1.

A.V. Shlyakhtenko, D. Yu.Litinskiy. Development of High-Speed Cutters

Development of engineering and construction of various high-speed cutters starting from the first half and up to the end of the XX century is considered. Methods of seagoing quality improvement and cutter overload reduction in waves are presented through the example of outstanding foreign naval architects' and shipbuilders' activity. Periodization of the main phases of R&D (Research and Development) in the sphere of high-speed cutters engineering is executed, also short comparative description of two high-speed patrol «deep V»-shaped cutters with different propulsion units is given.

«Almaz» Strengthens Russian Borders

Report on the last works of «Almaz» company – execution of orders given by the Frontier Service of Russian Federation Federal Security Service: launch of ships pr. 22460, 12200, 22120.

A.M. Abdrakhmanov, D.V. Serkevich, S.N. Stepanov. Optimization of Design-for-Order Process

Universal regulations on engineering of civil ships for marine and river transport are offered to be developed. Solution of the problem set will help to form a single policy in the sphere of information technologies for «United Shipbuilding Corporation» («OSK» in Russian), which allows reducing design and production labor intensity as well as production costs and terms.

V.V. Shatalov, V.V. Volkov. Large Fishing Freezer Trawler

Introduces condition of fishing fleet ships of the Russian Federation. In order to renew it «Vypel» design-engineering department has worked out LFFT (BMRT in Russian) project. Its dimensions and technical characteristics are given.

E.A. Gorin, K.S. Chernov. World Shipbuilding Trends According to the Results of SMM-2012

Introduces the results of the leading specialized exhibition in the sphere of shipbuilding, naval machinery engineering and marine technologies «Shipbuilding Machinery and Marine Technologies (SMM-2012)». World shipbuilding tendencies shown by the exhibition are closely analyzed.

Time Justifies Our Trustiness: to the 90th Anniversary of «ElektroRadioAvtomatika» LLC

The enterprise arrived at its 90th anniversary with good results, having increased its production volume, in the first place of electrical equipment, more than 1,5 times.

Introduces the history of the enterprise and its development. Special consideration is given to the current work of the enterprise.

Yu.A. Bozhenov, N.P. Shamanov. Hybrid Electric Power Systems of Underwater Vehicles

In autonomous underwater vehicles (UV) of sustained operation it is possible to achieve high specific energy ratio and high specific power ratio as well as high dynamic characteristics using hybrid electric power systems (PS) based on electrochemical generator (ECG) and accumulator batteries (AB) with simultaneous AB charge capacity. In the process of such PS development problems of reasonable energy distribution between ECG and AB arise as well as problems of PS circuitry implementation, ECG designed redundant power choice and other problems. Possible technical solutions of such problems and their relation with UV operation conditions are treated in the article.

A.A. Neyolov, V.F. Kosobokov, M.P. Tikhomirov. Matters of Voltage 6 (10) kV Safe Application at Naval Facilities

Perspectives of application of integrated power systems (IPS) with voltage 6(10) kV at electric ships and its operation safety control by means of main distribution board (MDB) are considered. Concept of safe automated «intellectual» MDB with voltage 6(10) kV designed by OJSC «Novaya ERA» is presented, which will in the long term become the basis of safe IPS with voltage 6(10) kV exploitation at ships and other naval facilities.

M.D. Emelianov. Influence of Shipboard Master Engine Power Margin on Failure Rate of Crankshaft Supporting Bearings

Mathematical relation between shipboard master engine loading degree and failure rate of crankshaft supporting bearings is offered. The process of semi fluid

friction in case of engine overload is shown. Formulae for calculation of engine failure probability in a voyage are given, allowing to define its best power.

A.N. Gavrilova. Direct Acting Hydraulic Control Valves

The results of engineering developments in the sphere of switchgear for marine equipment are presented. Types of hydraulic control valves are given as well as their structure, operation and installation principle; their main advantages are demonstrated.

M.S. Smakovskiy. Main Modernization Trends for Technological Processes of Marine Valves Production in OJSC «Armalit-1»

The matters of marine valves wear resistance increase, application of detonation spraying are considered. Properties of various fluoropolymers are compared.

I.O. Prutchnikov, V.V. Kamliuk, V.I. Mikhailov, A.V. Makaveev. Perspectives of Reversible Energy Converters Application in Uninterruptible Power Supply Systems for Autonomous Objects

Possibility and perspectives of static reversible energy converters application in interruptible power supply systems are analyzed. Layouts are offered for interruptible power supply systems based on joint application of reversible energy converters and diesel generator sets.

A.A. Kopanov, O.N. Muzychenko. New Generation of Action Data System (ADS, «BIUS» in Russian) «Trebovanie-M» for Modern Ships of Russian Fleet

Modernization trends for action data system (ADS) «Trebovanie-M» and the ways of its further development are considered in relation with the system supply to the ships of the Russian Navy.

P.B. Antonov, V.P. Ivanov. Radiolocation Products of OJSC «Concern «Granit-Elektron» and its Subsidiaries

Introduces main types of products made by the concern and its subsidiaries: modern integrated radiolocation system (IRLS), small IRLS for submarines, and marine target designation radar and others. Their possibilities and structure, areas of application are specified.

K. Yu.Shilov, V.V. Kobzev, Yu.N. Sizov. Mental Training Simulators of OJSC «Concern «Aurora» Scientific and Production Company»

Basic principles and regulations for developing of new generation training simulators are presented. Construction technology for special tactical training complex module, tactical module and simulator analyzer module is described. Functional capabilities of mental training simulators are shown.

L.M. Klyachko, V.S. Zhemoido. On Participation of Shipbuilding Industry Engineering Sub-industry Enterprises in Construction of New Russian Civil Marine Equipment

Technical level and efficiency of instrument and radio-electronic equipment considerably determines competitiveness of shipbuilding final production. Practical results have been already achieved within the main directions of Federal Target Program «Civil Marine Equipment Development for the Years 2009–2016» but their implementation is prevented by a number of obstacles specified in the article and drawn to attention of governmental bodies by the authors of the article.

A.A. Lazarev. Architecture of Fault-Tolerant Automated Cluster-Based System

Fault-tolerance is one of the main requirements to almost all automated systems. The present article deals with one of the methods to achieve good fault-tolerance rate for a software product at the level of operation system and hardware.

All concepts specified in the article are currently applied within the work on EASO GPI developed in CJSC «Transas». The system has passed official tests; the solutions received are taken as a basis for construction of coast automated data systems and onboard integrated ship control systems with high functional reliability and availability.

G.A. Ershov, A.I. Kalinkin, S.A. Petrov, N. Ya.Scherbina. Modern Computer Technologies and Probabilistic Analysis of Marine Nuclear Power Units Safety

Methods of probabilistic analysis of nuclear power facilities safety are represented, essential data are given on mathematical tools taken as a basis for suggested modeling mode and calculation of marine nuclear power units reliability, survivability and safety; properties of BARS software system designed for solution of the set problems are described.

R.A. Andreyuk. Multi-beam Echo Sounder Complexes

The article represents practical experience of multi-beam echo sounder complexes construction, their build-up principles and application qualities. The main properties of multi-beam echo sounders on which such complexes are based are presented. Standard block diagram is shown. Advantages of complex approach to fitting of hydrographic survey vessels with multi-beam echo sounders are specified.

A.G. Nazarov. Aspects of Acceleration Estimates in the Process of Development and Exploitation of Small High-Speed Vessels

Methods of evaluation of safety and comfort for high-speed vessels acceleration are analyzed; methods are based on tests results summary and applied at the early development stages and in the process of exploitation.

S.A. Bakharev, G.P. Dremluga A.V. Rogozhnikov. On the Question of Application of Acoustic Conversion Technologies in Shipbuilding and Ship repairing

Specifics of application of anti-corrosion and paint-and-varnish coatings on ship hulls is considered in details, including application in cyclic wetting zone and underwater application. The possibility of strength application of such coatings on uneven (class St3) and humid surface is shown as well as their accelerated curing in acoustic field. Test results justifying coating adhesion increase by 40–50% with 30–40% decrease of curing time and 20–30% consumption decrease are presented.

G.V. Egorov, D.V. Kolesnik. Energy Efficiency of New Generation Mixed Navigation Ships

In connection with the adoption of the amendment to Annex VI to MARPOL relating the rules for prevention of pollution from ships it is necessary to calculate functional energy efficiency ratio for every new ship. The article mainly considers the method of functional energy efficiency ratio calculation with the purpose of a ship energy efficiency increase and the problems arising.

V.A. Kolesnik, V.A. Solonko, A.V. Makshanov. Estimation of Technical System Condition and Prediction of its Changes

Touches upon the problems of static and dynamic uncertainties of complicated technical systems evaluators and prediction of changes in their condition. Analysis of Kalman filter models which allow solving these problems is executed.

D.A. Busorgin, E.M. Gramuzov. V.A. Zuev, B.P. Ionov. Using of Program Apparatus Complex for Automation of Ship Heeling Test

The program apparatus complex for ship heeling tests is offered. The complex allows to automate time-consuming test operations, processing of results and reporting, also to increase the accuracy of tests.

O.A. Matveeva, Yu.P. Potekhin, I.V. Chelpanov. On Practicability of Using Dynamic Models in the Systems of Automated Life Cycle Design

Possibilities of mathematic modeling of various sailing conditions for project problems solution and the results achieved in the course of its application are discussed. Role and practicability of ship sailing mathematic modeling in the system of automated life cycle design is validated.

M.K. Rozhdestvenskaya. Legal Regulation of Classification Society Liability Restriction

The review of effective legal documents regulating liability of classification societies is given. Applicability of the rules given in the International Convention on Civil Liability for Oil Pollution Damage is analyzed relating to activities of classification societies; suggestions and recommendations on legal regulation of classification societies liability are presented.

IV All-Russian Shipbuilders Congress

Report on results of the VI All-Russian Shipbuilders Congress. The list of selected members of Russian Shipbuilders Technical Society Central board is presented as well as the decision designating future plans.

I.O. Ivanovsky, E.Yu. Lerman. «Fire» Director

Introduces the story of how temporary shipyard in Golsman bay near Osinovets was build during the Great Patriotic War. The works were managed by S.A. Bogolyubov, «fire» director as he may be called. Construction of barges with 900 tones cargo load capacity played an important role in supply of the besieged Leningrad.

S.P. Siryi. The Seventeenth Naval Minister of the Imperial Russian Navy Vice Admiral S.A. Voevodskiy

Introduces detailed biography of S.A. Voevodskiy and tells about his low-key role in Naval Services and Navy reforming which brewed to the beginning of the XX century.



Герб
Санкт-Петербургского
Морского собрания



Орден
«За заслуги в морской
деятельности
1 степени»



Орденский знак
Санкт-Петербургского
Морского собрания

1910

ОСНОВАНИЕ

1995

ВОЗРОЖДЕНИЕ

Собрание Морское –
Союз морских людей

Здесь знают, что такое
Отечество и Честь



Золотая медаль
«Петр I»



Орден
«За воинскую доблесть
1 степени»



Орден
«За трудовую доблесть
1 степени»



190000, Санкт-Петербург,
Английская набережная, 42
Тел.: (812) 312-70-92, 315-26-70



Серебряная медаль
«А.Н. Крылов»



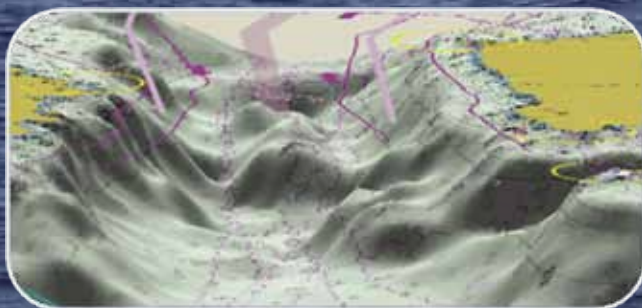
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ НАВИГАЦИОННО-ГИДРОГРАФИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ



Выполнение НИОКР, направленных на разработку средств и методов навигации, гидрографии, морской картографии и гидрометеорологии. Научно-техническое сопровождение ОКР по созданию новых и модернизации существующих технических средств

Обеспечение государственных органов управления, научно-исследовательских и проектных организаций комплексной информацией по параметрам природной среды Мирового океана

Проведение комплексных морских научных исследований и инженерных изысканий, подготовка морских районов в навигационно-гидрографическом отношении



ОАО «ГНИНГИ»

Россия, Санкт-Петербург, Кожевенная линия, д. 41

Тел.: +7(812)322-21-13 факс: +7(812)322-33-19

<http://www.gningi.ru> E-mail: mail@gningi.ru