

# Морской



№3(59)  
сентябрь  
2016  
ISSN 1812-3694

# Вестник

*Morskoy Vestnik*



Адмиралтейские верфи



**10 июня 2016 года со стапеля АО “Адмиралтейские верфи”  
спущен на воду ледокол нового поколения  
“Илья Муромец” проекта 21180  
Ледокол строится для ВМФ РФ**

# Морской Вестник



№3(59)

сентябрь

2016

Morskoy Vestnik

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

## Редационный совет

### Председатель

А.Л. Рахманов, президент

АО «Объединенная судостроительная корпорация»

### Сопредседатели:

В.Л. Александров, президент

Международного и Российского НТО

судостроителей им. акад. А.Н. Крылова

Е.М. Апполонов, и.о. ректора СПбГМТУ

### Члены совета:

М.А. Александров, директор

ЗАО «ЦНИИ СМ»

С.О. Барышников, ректор

ГУМРФ им. адмирала С.О. Макарова

А.С. Бузаков, генеральный директор

АО «Адмиралтейские верфи»

Н.М. Вихров, генеральный директор

ЗАО «Канонерский судоремонтный завод»

В.Ю. Дорофеев, генеральный директор

АО «СПМБМ "Малахит"»

В.В. Дударенко, председатель совета директоров

ООО «Судпромкомплект»

Г.В. Егоров, генеральный директор

ООО «Морское инженерное бюро-СПб»

А.Ф. Зеньков, генеральный директор ОАО «ГНИНГИ»

М.А. Иванов, генеральный директор

ОАО «Системы управления и приборы»

В.Н. Илюхин, председатель НО «АРПСТТ»

А.Э. Исаакян, генеральный директор

ООО «Группа «Кронштадт»

Л.М. Клячко, научный руководитель АО «ЦНИИ "Курс"»

Э.А. Конов, директор ООО «Издательство "Мор Вест"»

А.А. Копанев, генеральный директор

АО «НПФ "Меридиан"»

Г.А. Коржавин, генеральный директор

АО «Концерн "Гранит-Электрон"»

А.В. Кузнецов, генеральный директор АО «Армалит»

Л.Г. Кузнецов, председатель совета директоров

АО «Компрессор»

Г.Н. Муру, генеральный директор ОАО «51 ЦКТИС»

Н.В. Орлов, председатель

Санкт-Петербургского Морского Собрания

К.А. Смирнов, генеральный директор АО «МНС»

А.С. Соловьев, генеральный директор

ПАО «Выборгский судостроительный завод»

В.И. Спиридопуло, генеральный директор

АО «Северное ПКБ»

С.Б. Сухов, генеральный директор

ООО «Пумори-северо-запад»

И.С. Суховинский, директор ООО «ВИНЕТА»

В.С. Татарский, генеральный директор АО «ЭРА»

А.Н. Тихомиров, генеральный директор

ЗАО «Транстех Нева Эксбишнс»

Р.А. Урусов, генеральный директор

АО «Новая ЭРА»

С.Г. Филимонов, генеральный директор

ЗАО «Концерн "Морфлот"»

Г.Р. Цатуров, генеральный директор

ОАО «Пелла»

В.В. Шаталов, генеральный директор

ОАО «КБ "Вымпел"»

К.Ю. Шилов, генеральный директор

АО «Концерн "НПО "Аврора"»

А.В. Шляхтенко, генеральный директор –

генеральный конструктор АО «ЦМКБ "Алмаз"»

И.В. Щербаков, генеральный директор

ООО «ПКБ "Петробалт"»

## СОДЕРЖАНИЕ

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ И КОНСТРУКЦИЯ СУДОВ

- В.В. Шаталов, В.В. Волков.** Научно-исследовательское судно для комплексных рыбохозяйственных и океанографических исследований в Мировом океане ..... 7
- Ю.Н. Поляков.** Система автоматизированного проектирования «Оптимум-1» для разработки на ранних стадиях проектов морских транспортных судов ..... 9
- П.А. Шауб, В.И. Гусев, С.В. Московкина, Л.Ю. Королева, Л.Н. Шауб.** Проектирование подводных объектов как сложных систем сил веса и поддержания ..... 13
- И.К. Бородай, С.Г. Живица, В.Г. Платонов.** Проблемы мореходности в решении задач проектирования современных кораблей. Часть 2 ..... 16
- Д.Н. Егоров, А.С. Соловьев.** Комплексная автоматизация систем связи, навигации и мониторинга для ледоколов проекта IBSV01 ..... 21

### ТЕХНОЛОГИЯ СУДОСТРОЕНИЯ, СУДОРЕМОНТА И ОРГАНИЗАЦИЯ СУДОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

- Р.А. Сахаров.** Модель процесса технического диагностирования металлических конструкций пассивным экспресс-методом ..... 24
- Т.И. Степанова.** Обоснование конструкторских решений по модернизации корабля ВМФ с целью замены радиолокационной станции на современный аналог ..... 26

### СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И ИХ ЭЛЕМЕНТЫ

- Ю.Л. Кузнецов.** АО «Компрессор» – территория инноваций ..... 30
- Вручение Л.Г. Кузнецову ордена «Александра Невского» ..... 33
- Е.Н. Разувеев, П.В. Холодных.** О применении методов структурного анализа при обосновании надежности, безопасности и живучести корабельных ЯЭУ ..... 35
- И.С. Суховинский, В.Ю. Макаров, П.Ю. Петров, А.Ф. Солдатенко.** Оборудование для предотвращения загрязнения Мирового океана ..... 39
- А.И. Сванидзе.** Параметрическое моделирование типовых корпусов с помощью интеллектуального языка программирования iLogic ..... 43

### ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

- В.В. Ханьчев, Г.М. Довгоброд, Д.А. Коновалов.** Принципиально новый класс авторулевых для надводных судов ..... 45
- Ю.Ф. Подоплёкин, В.И. Исаков, Д.А. Шепета.** Марковская модель флуктуаций амплитуд и длительностей эхо-сигналов крупных надводных объектов ..... 49
- М.Н. Грачев, А.Н. Зайцев.** Направления развития и перспективная архитектура интегрированной системы боевого управления надводного корабля ..... 53
- В.М. Амбросовский, Д.С. Васильев.** Система измерения осадки морских подвижных объектов ..... 57



## ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА, СУДОВОЖДЕНИЕ

<b>С.Н. Некрасов, В.Ю. Бахмутов, В.Б. Шариков, П.А. Гапонюк.</b> Идентификация обобщенных моделей навигационных рисков судовождения в сложных навигационных условиях.....	61
<b>В.А. Колесник, А.В. Марковский, М.В. Марковский.</b> Прогнозирование временных рядов технико-экономических показателей контролируемого судового объекта в сингулярном базисе .....	64
<b>М.Ю. Храмов.</b> Вооружение и техника. Надежность технических систем с оператором.....	66
<b>В.Ю. Волков, Б.В. Грек, К.Ю. Шилов.</b> Бортовой тренажер КСУ ТС типа «Фауна» кораблей Зеленодольского ПКБ. Часть 2 .....	69
<b>Г.В. Егоров, О.Г. Егорова.</b> Расчет местной прочности корпусов судов внутреннего и смешанного плавания с учетом фактических износов .....	71
<b>В.Н. Илюхин.</b> Особенности, тенденции и основные направления современного развития средств и технологий поисково-спасательного обеспечения морской деятельности. Часть 2 .....	75
<b>С.С. Соколов, С.С. Малов, С.Н. Шиманчук, В.Д. Гаскаров.</b> Комплексный подход к построению защищенной информационной системы персональных данных круизной компании .....	79
<b>Р.Н. Караев.</b> Оценка аварийности морских нефтегазовых сооружений. Часть 1.....	85
<b>А.В. Пустошный, Вуина Мое.</b> Перспективы развития высокоскоростного водного транспорта Мьянмы .....	92
<b>К.В. Рождественский.</b> Оценка тяги и скорости волнового глайдера на основе упрощенной математической модели .....	95

## ИСТОРИЯ СУДОСТРОЕНИЯ И ФЛОТА

<b>В.Е. Юхнин.</b> «Поющие фрегаты» .....	99
<b>Д.Ю. Литинский.</b> Пограничный сторожевой корабль «Тарантул». Часть 2 ....	105

## В НТО СУДОСТРОИТЕЛЕЙ

<b>Итоги расширенного Пленума РосНТО судостроителей, посвященного 150-летию IV отдела Русского Технического Общества .....</b>	<b>109</b>
<b>В.В. Козырь.</b> Научно-техническому обществу судостроителей 150 лет.....	<b>110</b>
<b>В.Л. Александров.</b> Российское и Международное НТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова в развитии отечественного судостроения .....	<b>117</b>
<b>А.С. Бузаков.</b> Вопросы производства современных судов и кораблей.....	<b>122</b>

## В АССОЦИАЦИИ СУДОСТРОИТЕЛЕЙ

<b>Итоги очередного собрания Ассоциации судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области и секции по судостроению Морского Совета при Правительстве Санкт-Петербурга.....</b>	<b>125</b>
--	------------

## НА КНИЖНОЙ ПОЛКЕ

<b>Морские министры императорского флота России .....</b>	<b>127</b>
<b>Памяти профессора С.П. Сирого.....</b>	<b>127</b>

### Главный редактор

**Э.А. Конов**, канд. техн. наук

**Зам. главного редактора**

**Д.С. Глухов**

Тел./факс: (812) 6004586

Факс: (812) 5711545

E-mail: morvest@gmail.com

www.morvest.ru

### Редакционная коллегия

**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.

**Д.В. Казунин**, д-р техн. наук

**Р.Н. Караев**, канд. техн. наук

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

**А.И. Короткин**, д-р техн. наук, проф.

**С.И. Логачев**, д-р техн. наук, проф.

**П.И. Малеев**, д-р техн. наук

**Ю.И. Нечаев**, д-р техн. наук, проф.

**В.Г. Никифоров**, д-р техн. наук, проф.

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

**В.Н. Половинкин**, д-р техн. наук, проф.

**Л.А. Промыслов**, канд. техн. наук

**Ю.Д. Пряжин**, 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.

**В.И. Черненко**, д-р техн. наук, проф.

**Н.П. Шаманов**, д-р техн. наук, проф.

### Редакция

Тел./факс: (812) 6004586

E-mail: morvest@gmail.com

### Редактор

**Т.И. Ильичева**

**Дизайн, верстка**

**С.А. Кириллов, В.Л. Колпакова**

### 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

**Электронная версия журнала**

размещена на сайте ООО «Научная электронная

библиотека» www.elibrary.ru и включена

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.

www.perechen.vak2.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 № 1495

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



### Editorial Council

#### Chairman

**A.L. Rakhmanov**, President  
of JSC United Shipbuilding Corporation

#### Co-chairman:

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

**E.M. Appolonov**, Acting rector SPbSMTU

#### Council Members:

**M.A. Alexandrov**, Director

JSC CRIME

**S.O. Baryshnikov**, Rector Admiral Makarov State  
University of Marine and Inland Shipping

**A.S. Buzakov**, General Director

JSC Admiralty Shipyards

**V.Yu. Dorofeev**, General Director

JSC SPMBM Malachite

**V.V. Dudarenko**, Chairman of the Board of Director

JSC Sudpromkomplekt

**G.V. Egorov**, General Director

JSC Marine Engineering Bureau SPb

**S.G. Filimonov**, General Director

JSC Concern Morflot

**M.A. Ivanov**, General Director

JSC Control Systems and Instruments

**V.N. Ilukhin**, Chairman NO ASRTD

**A.E. Isaakyan**, General Director

JSC Kronstadt Group

**L.M. Klyachko**, Scientific head of CSRI KURS

**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

**A.V. Kuznetsov**, General Director JSC Armalit

**L.G. Kuznetsov**, Chairman of the Board of Director

JSC Compressor

**G.N. Muru**, General Director JSC 51 CCTIS

**N.V. Orlov**, Chairman

St. Petersburg Marine Assembly

**I.V. Scherbakov**, General Director JSC PDB Petrobalt

**V.V. Shatalov**, General Director

JSC DB Vympel

**K.Yu. Shilov**, General Director

JSC Concern SPA Avrora

**A.V. Shlyakhtenko**, General Director –

General Designer JSC ZMKB Almaz

**K.A. Smirnov**, General Directors JSC MNS

**A.S. Solov'yev**, General Director

PJSC Vyborg Shipyard

**V.I. Spiridopulo**, General Director

JSC Severnoye Design Bureau

**S.B. Sukhov**, General Director

JSC Pumori-north-west

**I.S. Sukhovinsky**, Director JSC VINETA

**V.S. Tatarsky**, General Director JSC ERA

**A.N. Tikhomirov**, General Director

JSC Transtech Neva Exhibition

**G.R. Tsaturov**, General Director

OJSC Pella

**R.A. Urusov**, General Director OJSC NE

**N.M. Vikhrov**, General Director

JSC Kanonersky Shiprepairing Yard

**A.F. Zen'kov**, General Director JSC SRNHI

## CONTENTS

### SHIP DESIGN AND CONSTRUCTION

- V.V. Shatalov, V.V. Volkov.** Research vessel for complex fishery  
and oceanographic research in the Global Ocean ..... 7
- Yu.N. Polyakov.** Computer-aided design system «Optimum-1»  
for development of the marine transport vessels early in the projects ..... 9
- P.A. Shaub, V.I. Gusev, S.V. Moskovkina, L.Yu. Koroleva, L.N. Shaub.**  
Design of underwater objects as complex systems of weight and buoyancy forces ..... 13
- I.K. Boroday, S.G. Zhivitsa, V.G. Platonov.** Seakeeping performance and issues,  
concerning designing of modern vessels. Part 2 ..... 16
- D.N. Yegorov, A.S. Solov'yov.** Full automation of communication,  
navigation and monitoring systems for IBSV01 project ..... 21

### TECHNOLOGY OF SHIPBUILDING, SHIP REPAIR AND ORGANIZATION OF SHIPBUILDING

- R.A. Sakharov.** Model of technical diagnosis process for passive express method  
technical diagnosis of metal structures ..... 24
- T.I. Stepanova.** Justification of the design solutions for Navy ship modernization  
to replace the radar with its modern analogue ..... 26

### SHIP POWER PLANTS AND THEIR ELEMENTS

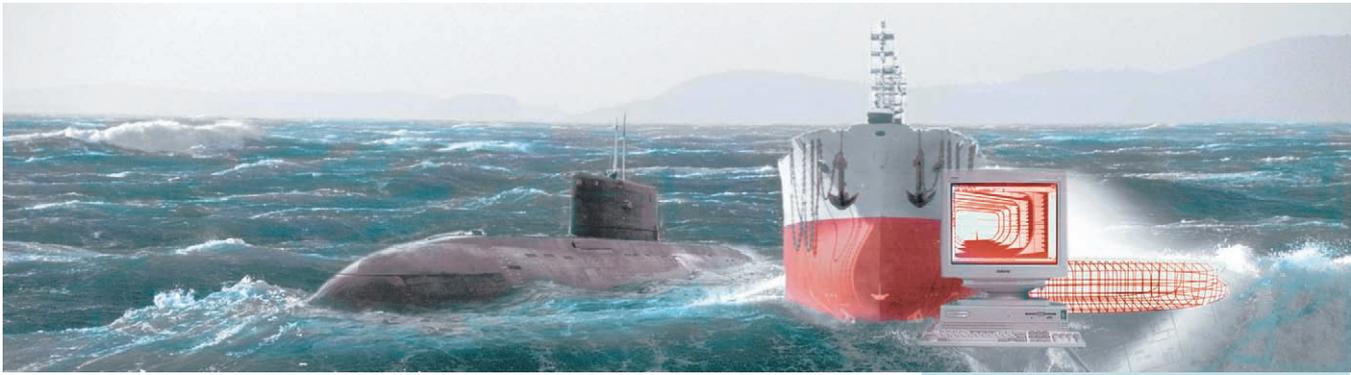
- Yu.L. Kuznetsov.** JSC «Compressor» – innovation territory ..... 30
- Presentation of the Order of Alexander Nevsky to L.G. Kuznetsov ..... 33
- Ye.N. Razuvaev, P. V. Kholodnykh.** On the question of application of structural  
analysis methods during rationalization of naval nuclear power units ..... 35
- I.S. Sukhovinsky, V.Yu. Makarov, P.Yu. Petrov, A.F. Soldatenko.** Equipment  
for preventing the Global Ocean pollution ..... 39
- A.I. Svanidze.** Parametric modelling of the standard bodies by means of intelligent  
programming language iLogic ..... 43

### INFORMATION-MEASURING AND MANAGEMENT SYSTEMS

- V.V. Khanychev, G.M. Dvugobrod, D.A. Kononov.** Brand new class  
of autopilots for surface ships ..... 45
- Yu.F. Podoplyokin, V.I. Isakov, D.A. Shepeta.** The Markovian model  
of large surface object echo amplitudes and lengths ..... 49
- M.N. Grachev, A.N. Zaytsev.** Development directions and advanced architecture  
of the surface ship integrated tactical control system ..... 53
- V.M. Ambrosovskiy, D.S. Vasilyev.** Marine mobile object draft  
measurement system ..... 57

### OPERATION OF WATER TRANSPORT, SHIP NAVIGATION

- S.N. Nekrasov, V.Yu. Bakhmutov, V.B. Sharikov, P.A. Gaponyuk.**  
Identification of the generalized models of marine navigation  
in rough navigating conditions ..... 61



**V.A. Kolesnik, A.V. Markovsky, M.V. Markovsky.** Forecasting of time series of technical and economic indexes of the controlled ship object in the singular basis.... 64

**M.Yu. Khramov.** Weapons and equipment. Reliability of operator-controlled engineering systems ..... 66

**V.Yu. Volkov, B.V. Grek, K.Yu. Shilov.** «Fauna» type shipboard simulator IMAS (integrated marine automation system) by Zelenodolsk Design Bureau. Part 2 ..... 69

**G.V. Yegorov, O.G. Yegorova.** Calculation of inland and mixed navigation vessel hull structural strength taking into consideration virtual wear and tear ..... 71

**V.N. Ilyukhin.** Features and basic trends for development of modern rescue equipment and activity, conducted in maritime conditions. Part 2..... 75

**S.S. Sokolov, S.S. Malov, S.N. Shimanchuk, V.D. Gaskarov.** Integrated approach to development of a trusted crewing company personal data information system..... 79

**R.N. Karaev.** Measuring the accident rate of marine oil and gas facilities. Part 1..... 85

**A.V. Pustoshnyi, Vunna Moe.** Future development of Myanmar high-speed water transport..... 92

**K.V. Rozhdestvensky.** Measurement of thrust and speed of the wave glider based on the simplified mathematical model ..... 95

## THE HISTORY OF SHIPBUILDING AND FLEET

**V.Ye. Yukhnin.** «Singing Frigates»..... 99

**D.Yu. Litinsky.** Border guard ship «Tarantul». Part 2 ..... 105

## IN THE SCIENTIFIC AND TECHNICAL ASSOCIATION OF SHIPBUILDERS

*Summary of the extended plenary meeting of the Russian Scientific and Technical Society of Shipbuilders named after academician A.N. Krylov, dedicated to 150th anniversary of IV the Russian Technical Society.* ..... 109

**V.V. Kozyr.** 150th anniversary of the Scientific and Technical Society of Shipbuilders ..... 110

**V.L. Aleksandrova.** Russian and International Scientific and Technical Society of Shipbuilders named after acad. A.N. Krylov role in development of domestic shipbuilding ..... 117

**A.S. Buzakov.** Issues of modern ship and vessel building ..... 122

## IN THE ASSOCIATION OF SHIPBUILDERS

*Summary of the ordinary meeting of the Society of Shipbuilders of Saint-Petersburg and Leningrad Region and shipbuilding section of the Maritime Council under the Government of Saint-Petersburg* ..... 125

## ON A BOOK SHELF

*Naval Ministers of the Imperial Russian Navy* ..... 127

*In memory of professor S.P. Siryi*..... 127

### Editor-in-Chief

**E.A. Konov, Ph. D.**

### Deputy Editor-in-Chief

**D.S. Glukhov**

Phone/Fax: +7 (812) 6004586

Fax: +7 (812) 5711545

E-mail: morvest@gmail.com

www.morvest.ru

### Editorial Collegium

**VI. Chernenko, D. Sc., Prof.**

**VN. Glebov, Ph. D.**

**E.A. Gorin, D. Sc.**

**E.V. Igoshin, Ph. D.**

**B.P. Ionov, D. Sc., Prof.**

**D.V. Kazunin, D. Sc.**

**R.N. Karaev, Ph. D.**

**Yu.N. Kormilitsin, D. Sc., Prof.**

**A.I. Korotkin, D. Sc., Prof.**

**S.I. Logachev, D. Sc., Prof.**

**P.I. Maleev, D. Sc.**

**Yu.I. Nechaev, D. Sc., Prof.**

**V.G. Nikiforov, D. Sc., Prof.**

**Yu.F. Podoplekin, D. Sc., Prof.,** member of the Academy of Rocket and Artillery of Sciences of Russia

**VN. Polovinkin, D. Sc., Prof.**

**L.A. Promyslov, Ph. D.**

**Yu.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. Rusetzky, D. Sc., Prof.**

**N.P. Shamanov, D. Sc., Prof.**

### Editorial staff

Phone/Fax +7 (812) 6004586

E-mail: morvest@gmail.com

### Editor

**T.I. Ilyichiova**

### Design, imposition

**S.A. Kirillov, V.L. Kolpakova**

### 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 magazine electronic version

is placed on the site LLC "Nauchnaya elektronnyaya

biblioteka" www.elibrary.ru and is 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.

www.perechen.vak2.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 № 1495

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

**И**зучение Мирового океана – обязательное и необходимое условие сохранения и расширения сырьевой базы РФ, обеспечения ее экономической и продовольственной безопасности, а также активного экономического присутствия в отдаленных районах Мирового океана.

Имеющиеся сегодня в отрасли научно-исследовательские суда (НИС) физически и морально устарели, количество их существенно сократилось, что негативно сказалось на объемах и регулярности исследований, запасов промысловых гидробионтов и прогнозов на будущее.

Пополнение флота НИС для рыбохозяйственных исследований современными судами является насущной общегосударственной задачей.

Все это нашло свое отражение в поручении Президента РФ В. В. Путина от 03.07.2015 г. № Пр-1307 и поручениях Правительства РФ от 19.08.2015 г. № РД-П7-5687, от 09.09.2015 г. № АХ-П7-6165 о строительстве научно-исследовательских судов для комплексных рыбохозяйственных и океанографических исследований в Мировом океане.

С учетом данных обстоятельств ОАО «КБ «Вымпел» разработало концептуальный проект НИС (рис. 1), являющийся первым этапом на пути к реализации данных поручений по проектированию и строительству НИС на судостроительных предприятиях России.

а)



б)



Рис. 1. Проект НИС: а – вид с носа; б – вид с кормы

Применение в проекте сложного исследовательского оборудования, высококачественной акустической аппаратуры, автоматических устройств

## НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЕ СУДНО ДЛЯ КОМПЛЕКСНЫХ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫХ И ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В МИРОВОМ ОКЕАНЕ

**В.В. Шаталов**, ген. директор,

**В.В. Волков**, гл. конструктор, ОАО «КБ «Вымпел»,  
контакт. тел. (831) 439 6722

отбора проб, измерителей параметров водной среды в реальном масштабе времени, обусловило конструктивные особенности НИС, способных выполнять следующие задачи:

- изучение океанографических условий формирования биологической и промысловой продуктивности вод в районах исследований;
- мониторинг среды обитания промысловых гидробионтов;
- оценка состояния и характера распределения кормовой базы, пищевой обеспеченности основных промысловых рыб;
- исследования поведения и сбор материалов для оценки запасов водных гидробионтов с помощью телеуправляемого подводного аппарата (ТНПА);
- картирование рельефа дна на обследуемой акватории;
- лов рыбы и других биологических объектов в научно-исследовательских целях (для лабораторных исследований) донным и пелагическим тралами, в том числе проведение экспериментальных работ с нетраловыми орудиями лова – ярусом, различного рода сетями, на свет или рыбным насосом в любом промысловом районе Мирового океана;
- освоение новых рыбопоисковых методов и приборов;
- технологические исследования в области переработки гидробионтов;
- работа с существующими и опытными образцами дистанционно управляемого и буксируемого научного оборудования для глубоководного исследования гидробионтов и среды их обитания;
- научные исследования с помощью беспилотного летательного аппарата (БПЛА).

Судно спроектировано на класс KM Arc4 AUT 1-ICS OMBO DYNPOS-1 (REF) EPP ECO Special purpose ship Российского морского регистра судоходства (РС) и предназна-

чено для круглогодичной эксплуатации в соответствии со знаком категории ледовых условий в символе класса при температуре наружного воздуха от плюс 34 °С при влажности 70% летом и до минус 40 °С при влажности 85% зимой.

Архитектурно-конструктивный тип – стальное судно с дизель-электрической силовой установкой, работающей на пятилопастный винт фиксированного шага (ВФШ), со средним расположением машинно-котельного отделения (МКО), кормовым расположением моторного отделения (МО), смещенной в нос от миделя надстройкой, с транцевой кормой, слипом в кормовой части, с носовым и кормовым подруливающими устройствами, морозильным трюмом (емкостью ок. 300 м<sup>3</sup> и температурой охлаждения –28 °С) и рыбоперерабатывающим цехом (производительностью до 10 т/сут выловленной рыбы).

Конструкция НИС отвечает всем предъявляемым к нему требованиям Правил РС и международным конвенциям, рекомендациям ИКЕС № 209 относительно подводных шумов, издаваемых судном, а также требованиям Правил DNV на класс судна «SILENT-F».

Источниками подводных шумов от НИС является как корпус судна, создающий при движении в воде гидродинамические шумы в широком спектре частот, так и механические устройства судна, обеспечивающие его движение и производственную деятельность. Характеристики гидродинамических шумов от подводной части корпуса судна большей частью зависят от его формы, однако эти шумы могут быть минимизированы в результате математического моделирования и испытаний модели в специальных бассейнах. Более сложным является вопрос снижения уровня механических шумов, характеристики и частотный диапазон которых зависят от конструктивных особенностей различных устройств. При этом именно элементы судового пропульсивного

комплекса являются главными и первичными источниками механического шума, передаваемого в воду.

В связи с этим, а также учитывая рекомендации ИКЕС № 209, предъявляемые к конструкции судна, которые способствуют снижению его уровня шума, принято решение об использовании электродвижения, состоящего из двух спаренных гребных электромоторов суммарной мощностью ок. 3400 кВт. Управление электромоторами осуществляется с помощью статических преобразователей частоты. Высокочастотный шум, вызываемый кавитацией гребного винта, снижается за счет увеличения числа лопастей и придания им саблевидной формы. В данном проекте применяется пятилопастный гребной винт ВФШ с умеренной саблевидностью.

В проекте НИС предусматривается установка трех дизель-генераторов (ДГ) переменного тока суммарной мощностью около 5000 кВт. Каждый входящий в состав ДГ генератор размещается на общем основании с дизельным двигателем.

Кроме этого, для выполнения требований ИКЕС № 209 по снижению уровня судовых шумов все судовые механизмы и трубопроводы имеют специальные виброизолирующие амортизаторы или специальные прокладки.

Автономность плавания по запасам топлива, смазочного масла и провизии составляет 60 сут., а по запасам пресной воды – не менее 5 сут. и неограниченная с учетом пополнения запаса от обратноосмотической установки. Запас промыслового оборудования принят из потребности всего рейса.

Численность научной группы – 30 человек. Экипаж судна – 28 человек и выбран из расчета обеспечения безопасной эксплуатации судна по своему назначению, с учетом применяемых средств механизации и автоматизации устанавливаемого оборудования и совмещения профессий при условии трехсменной вахты судового состава. Во всех жилых и общественных помещениях обеспечиваются комфортные условия для проживания и отдыха экипажа и научной группы. Для капитана, старшего механика, старшего помощника и помощника капитана по науке предусмотрены блок-каюты, состоящие из кабинета и спальни. Остальные члены экипажа и научной группы размещаются в одноместных и двухместных каютах. Все каюты оборудованы индивидуальными санблоками. Помещения оборудованы системой кондиционирования, имеют достаточную площадь, современную мебель и отделку. Освещенность помещений, уровни шума и виб-

рации удовлетворяют требованиям Санитарных правил морских судов и Санитарных правил для морских судов промыслового флота.

Скорость судна при эксплуатационной осадке 6,0 м – не менее 15,0 уз, а при тралении при тяговом усилии не менее 30 т – 6,0 уз.

Остойчивость судна при всех эксплуатационных случаях нагрузки удовлетворяет требованиям Правил РС, предъявляемым к остойчивости судов неограниченного района плавания.

Для выполнения научно-исследовательских работ на судне предусмотрены соответствующие помещения, оснащенные современным оборудованием, позволяющим проводить весь спектр ихтиологических исследований траловых уловов, а именно:

- операционный центр (включая гидроакустическую лабораторию, помещения сервера локальной вычислительной сети (ЛВС) и множительной техники);
- ихтиологический блок, в состав которого входят:
  - а) ихтиологическая «мокрая» лаборатория;
  - б) ихтиологическая «сухая» лаборатория;
  - в) помещение хранения фиксированных проб;
  - г) помещение – аквариальная с экспериментальными баками-аквариумами и системами продолжительного поддержания жизнедеятельности отловленных и собранных образцов водных биоресурсов.
- океанологический блок, в состав которого входят:
  - а) гидрологическая лаборатория;
  - б) гидрохимическая лаборатория с термостатируемым солемерным отсеком;
  - в) помещение отбора проб воды;
  - г) кладовая проб;
  - д) океанографический ангар для STD-зондов, батометрических кассет, планктонных сетей, дночерпателей;
  - е) кладовая океанографических приборов и ЗИПа;
  - ж) помещение ремонта и настройки научных приборов.
- ангар для ТНПА и научных приборов;
- ангар для БПЛА;
- лаборатория подводных видеосистем;
- лаборатория исследований способов орудий лова;
- гидробиологическая лаборатория;
- конференц-зал на 16 посадочных мест;
- аудитория на 30 посадочных мест. Лаборатории оснащены необходи-

мым научным оборудованием и современными персональными компьютерами (ПК), включенными в научную ЛВС, либо оборудуются местами для установки переносных научных приборов и ПК.

Все лаборатории оборудованы вентиляцией, системой кондиционирования воздуха, водоснабжением, электропитанием, связью и трансляцией; мокрые лаборатории обеспечиваются подводом пресной и морской воды, и снабжены системой осушения.

Грузовые, якорно-швартовные, спасательные устройства выбраны из условий эксплуатации, а также в соответствии с требованиями Правил РС, предъявляемых к данному типу судна.

Для уменьшения бортовой качки предусмотрены цистерны пассивного успокоения качки.

Для проведения траловых операций судно оснащено необходимым оборудованием, позволяющим проводить лов рыбы и других биологических объектов в научно-исследовательских целях донными и пелагическими тралами. Для проведения траловых операций в мелкобитом льду на судне предусмотрены ледовые дуги.

Дополнительно к кормовой схеме траления на судне предусмотрено использование в ходе экспериментальных работ нетраловых орудий лова, таких как ярусы, различного рода сетей, на свет и рыбный насос для лова рыбы и других биологических объектов в научно-исследовательских целях.

Для снижения влияния поех на результаты гидроакустических наблюдений предусмотрены: выдвижной киль, оснащенный акустическими антеннами научного эхолота, антенна измерителя скорости течения и выдвижное устройство гидролокатора кругового обзора. В рабочем положении выдвижной киль выступает ниже киля судна на 4 м.

Предварительные 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 скорости и мощности энергетической установки.

Разработка концептуального проекта НИС, включая определение концепции его использования, выбора рациональных характеристик, технической оснащенности и экономических показателей, позволит в дальнейшем более грамотно сформировать техническое задание и создать научно-технический задел для разработки технического проекта и строительства этого судна на российских верфях. ■

## ВВЕДЕНИЕ

Ранние стадии проектирования (к ним относится концептуально-исследовательское проектирование) предоставляют исследователю большую свободу в выборе решений, что предопределяет возможность широкого применения методов поиска оптимальных решений, достигая при этом значительного экономического эффекта.

Наибольшего развития программные средства решения оптимизационных задач проектирования получили в ЦНИИ им.акад. А. Н. Крылова в 70–80-е гг., в частности, следует отметить работы [1 – 6]. В то время были разработаны экономико-математические модели для решения задач пополнения флота и оптимизации характеристик судов и модели оптимизации элементов судов. Однако в 90-е гг. многие программные комплексы морально устарели.

В связи с этим была поставлена задача создать на новой основе программные комплексы для ранней стадии проектирования с учетом:

- современного уровня развития вычислительной техники,
  - возможностей базовых программных и информационных средств для создания элементов систем автоматизированного проектирования,
  - новых требований к экономико-математическим моделям,
- а также с ориентацией на сложную морскую технику и др.

Работы по созданию программно-информационных средств и перспективных технологий для концептуально-исследовательского проектирования судов выполнены в рамках ОКР «Разработка оптимизационной системы концептуально-исследовательского проектирования судов», шифр «Оптимум-1».

## 1. СОСТАВ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Разработаны и включены в состав системы «Оптимум-1» программные комплексы для решения следующих задач:

- определение основных характеристик и элементов сложной морской техники (СМТ) (газовозы, танкеры, суда снабжения, ледокольные суда);
- расчет весовой нагрузки различными методами;
- расчет технико-экономических показателей и критериев эффективности оптимизационных задач;
- обоснование оптимальных характеристик и элементов транспортных судов, состава транспортных комплексов;
- работа с трехмерной графикой в среде системы NX9 (продукт Siemens PLM Software);
- вероятностное моделирование;

# СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ «ОПТИМУМ-1» ДЛЯ РАЗРАБОТКИ НА РАННИХ СТАДИЯХ ПРОЕКТОВ МОРСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СУДОВ

*Ю.Н. Поляков, канд. техн. наук, начальник отдела  
ФГУП «Крыловский государственный научный центр»,  
контакт. тел. (812) 386 6756*

- добассейновая оптимизация корпуса судна и др.

Для разработки расчетных программных комплексов использованы средства Intel Visual Fortran в среде Microsoft Visual Studio, для работы с 3D-моделями – средства графического языка GRIP системы NX9.

Разработанное программное обеспечение достаточно обширно, поэтому в рамках данной статьи даются краткие описания лишь основных ключевых элементов системы «Оптимум-1».

## 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК И ЭЛЕМЕНТОВ СУДОВ

При построении алгоритмов широко использовались статистические зависимости, представленные в работах [7–9] (с корректировкой под характеристики современных судов), а также зависимости, полученные по собственным обработкам статистического материала. Разработанные алгоритмы определения характеристик и элементов включают в себя ряд последовательных приближений. В первом приближении определяют главные размерения, водоизмещение, мощность и другие параметры, проверяется наличие возможных ограничений, например, на осадку и ширину судна, выполняются корректировки с целью подгонки размерений под заданные ограничения. Для судов ледового плавания определяется минимальная мощность по правилам Российского морского регистра судоходства (РМРС) [10].

Во втором приближении выполняется более точный расчет водоизмещения порожнем по статьям весовой нагрузки. Уточняются водоизмещение и главные размерения. Проверяются возможные лимитирующие ограничения. В случае необходимости выполняется корректировка с учетом этих ограничений. После выполняется пересчет весовой нагрузки судна по отдельным статьям. Опять уточняются главные размерения и водоизмещение.

Ход вычислений для разных типов судов отличается. Для танкеров, например, выполняется предварительная расстановка переборок, определяются объемы грузовых танков и балластных цистерн (сначала используются статистические зависимости, далее следует уточнение по геометрической модели). С учетом полученных результатов по расстановке переборок может корректироваться длина судна. Далее определяются объемы вылива нефти при повреждениях по правилам МАР-ПОЛ 73/78. Также выполняются проверка требований по балластной осадке и другие расчеты.

После итерационного процесса уточнения характеристик и элементов полученная информация перепиывается в информационные массивы для передачи на вход геометрических модулей.

## 3. ОЦЕНКА ВЕСОВОЙ НАГРУЗКИ

В каждом модуле определения основных характеристик и элементов судов (для танкеров, газозовозов, судов снабжения) реализован (в соответствующих подпрограммах) свой собственный алгоритм определения составляющих весовой нагрузки. Степень подробности расчетов в упомянутых модулях различная, ориентированная на конкретный тип рассматриваемого судна. При пересчете весовой нагрузки с судна-прототипа может быть использована информация из базы данных весовых нагрузок. Пересчет выполняется с применением традиционных зависимостей общей теории проектирования судов (с определением весовых коэффициентов и использованием кубического модуля  $LBH$ , модуля  $LBH^{2/3}$ , пропорционально изменению мощности (энергетическая установка) или просто по данным прототипа (вооружение и запасные части)). Для корректировки весовой нагрузки с учетом ледовой категории судна используются коэффициенты, учитывающих ледовые усиления корпусов морских судов (РД 5.076.030–87).

#### 4. РАСЧЕТ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ ЗАДАЧ

4.1. Наиболее сложным из данных программных комплексов является комплекс для расчета технико-экономических показателей судов и транспортных систем, работающих в ледовых условиях. Расчеты выполняются для режимов самостоятельного плавания и плавания за ледоколом. Разработана экономико-математическая модель, наиболее полно отражающая реальный процесс эксплуатации транспортных судов в ледовых условиях и на чистой воде. Учитывается многообразие гидрометеорологических и ледовых условий на трассе плавания и изменение этих условий в течение годового эксплуатационного периода. Для этого вводится помесечная разбивка годового периода, что позволяет учесть с месячным временным шагом изменение природных данных по трассе плавания.

В результате работы программного комплекса в файле результатов приводятся расчетные сведения по технико-экономическим показателям работы судна на линии (годовые и по месяцам года), по ледокольной составляющей транспортной системы, по числу судов в составе транспортной системы для реализации заданного объема перевозок.

В рассматриваемом программном комплексе может быть выполнен расчет ледопроеходимости судов или учтено задаваемое значение ледопроеходимости. При этом возможно несколько различных подходов к определению или заданию данной величины, а именно использование:

- экспериментально-эмпирических зависимостей, полученных по результатам модельных экспериментов в ледовом опытовом бассейне ФГУП «Крыловский государственный научный центр»;
- экспериментально-эмпирических зависимостей ЦНИИМФ, предложенные Л. Г. Цоем [11],
- результатов модельных экспериментов по определению ледопроеходимости судов,
- результатов испытаний по оценке ледопроеходимости конкретных судов.

4.2. Расчет эксплуатационно-экономических показателей судов при работе на сложных линиях ориентирован на оценку эффективности на линии, включающей в себя несколько участков между различными портами (до 10). При этом на каждом отдельном участке судно может перевозить разные виды грузов со своим тарифом, размером партии, интенсивностью грузообработки в портах погрузки и выгрузки. Грузы условно объединяются в классы, каждый

из которых располагается в однотипных помещениях судна. В случае нехватки объемов грузовых помещений уменьшается количество перевозимого груза соответствующего класса.

4.3. Учет вероятностного характера исходной информации. В рамках рассматриваемой системы была вновь воссоздана модель оценки экономической эффективности работы судов на линиях перевозок с использованием методов вероятностного моделирования, учитывающая вероятностный характер исходных данных, а также методы расчета вероятностных функций критерия, предложенные в работе [6].

#### 5. ПРОВЕДЕНИЕ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ РАСЧЕТОВ

Для проведения оптимизационных расчетов предложено несколько модулей нелинейной оптимизации. Алгоритмы модулей разработаны на основе методов безусловной оптимизации, один из них – модуль, реализующий метод сопряженных направлений (Флетчера–Ривса) [12].

Существует два варианта постановок решения оптимизационных задач на ранней стадии проектирования, а именно: непрерывная и дискретная постановки.

Для непрерывной постановки предусматривается, как правило, упрощенный порядок определения характеристик и элементов судов. Для этой цели берутся не полные комплексы, а модули определения характеристик и элементов первого приближения. Это связано с тем, что градиентные методы плохо работают, когда на шагах вычисления градиента от целевой функции выполняются итерационные многоступенчатые процессы.

В дискретной постановке характеристики перспективных судов отбираются из дискретного ряда судов-претендентов. Во времена планового хозяйства, как правило, решались задачи линейного программирования большой размерности применительно к флоту страны в целом или отдельного пароходства. В современных условиях обычно ставятся более локальные задачи, нацеленные на вывоз нефти, сжиженного газа или других грузов применительно к интересам той или иной крупной компании. Сама задача часто усложняется, а программное обеспечение обрастает рядом дополнительных блоков по учету или выбору характеристик терминальных комплексов и дополнительных элементов береговой инфраструктуры, динамики изменения грузопотоков и пр.

#### 6. УТОЧНЯЮЩИЕ ДИАЛОГОВЫЕ РАСЧЕТЫ

Расчеты по определению характеристик и элементов судов, основан-

ные на использовании статистических зависимостей, следует рассматривать в качестве предварительного решения. На это обращал внимание В. М. Пашин в работе [13]. По сути дела выполняется предварительное сокращение множества вариантов проектных решений по упрощенным моделям. Далее необходимо детально уточнить, опираясь на реальную судовую поверхность, принципиальную компоновку, методы расчета качества проектируемого судна с последующим выбором оптимального решения.

Разработанное программное обеспечение позволяет выстраивать различные расчетные схемы с подключением разнообразных расчетных комплексов и отдельных модулей для детального уточнения характеристик и элементов судов. Такие расчетные схемы могут быть использованы как один из вариантов построения дискретного ряда судов-претендентов и последующего выбора оптимального решения уже на основе использования точных моделей.

Новым направлением работ явилась практическая отработка вопросов взаимодействия расчетных и геометрических модулей. Успехи, достигнутые при разработке быстродействующих программных модулей для построения и преобразования трехмерных геометрических моделей проектируемого судна, позволяли включить их непосредственно в диалоговые комплексы выбора характеристик и элементов судов. Сюда относятся построение 3D-модели, ее модификация под заданное водоизмещение или под параметры, определяемые в ходе диалога, нахождение характеристик отсеков, цистерн и помещений с последующим пересчетом весовой нагрузки, проверка качества проектируемого судна и пр.

#### 7. СРЕДСТВА ДЛЯ РАБОТЫ С 3D-ГРАФИКОЙ

7.1. Формирование судовой поверхности. В качестве исходной информации рассматриваются точки кривых теоретического чертежа. Первичные построения связаны с построением правильной регулярной сетки, что обеспечивает хорошую гладкость будущей поверхности. Далее выполняются два последовательных приближения поверхности с подтягиванием точек поверхности к кривым теоретического чертежа. В процессе перестроений корректируются точки в области цилиндрической вставки, чтобы приблизиться к круговым обводам в районе скулы. Последние автоматически корректировки связаны с принудительной проверкой и корректировкой координат точек поверхности, лежащих на плоском днище и плоскости борта. После выполнения всех корректировок строится окончательный вариант судовой поверхности (рис. 1).

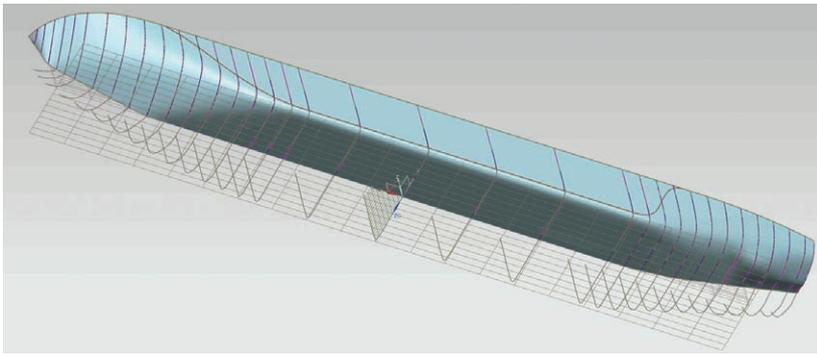


Рис. 1. Судовая поверхность ледового танкера с кормой под размещение винторулевых колонок

**7.2. Генерирование судовой поверхности корпуса.** Предусмотрено использование аппарата собственной разработки по преобразованию судовых поверхностей судов-прототипов, представленных в различных форматах, под заданные характеристики. Для данной цели используются программные модули, реализующие технологию получения управляемого модифицируемого корпуса, см. далее п. 7.5. При генерировании судовых поверхностей может быть использована информация, накапливаемая в базе данных (БД) судовых поверхностей, см. п. 9.

**7.3. Формирование общего расположения судна.** Для формирования общего расположения разработан ряд программных модулей. К их числу относятся два варианта программных модулей для построения переборок (включая косые), палуб, платформ на трехмерной твердотельной модели корпуса судна. Один вариант предназначен для автоматических построений в составе других программных комплексов, второй – для работы в режиме диалога. Как дополнение разработан модуль, обеспечивающий выделение отдельных помещений.

Для полученных отсеков, цистерн и отдельных помещений по 3D-модели вычисляются объемы и другие характеристики. Для варианта автоматических построений результаты расчетов передаются в другие расчетные модули через файл передачи данных.

**7.4. Оценка удовлетворения требований к качествам проектируемого судна.** Разработан ряд программных модулей для оценки качеств проектируемого судна по 3D геометрической модели. Например, сюда относятся требования к посадке судна (в грузу – на заданную осадку и ровный киль, в балласте – с учетом допустимых осадок носом и кормой). Подготовлен программный модуль для изменения параметров корпуса судна для обеспечения необходимой посадки судна для различных случаев задания весовой нагрузки непосредственно в среде системы NX9. Вычисления и геометрические постро-

ения можно выполнить последовательно для разных случаев задания весовой нагрузки. Последовательность шагов и действий выбирает пользователь.

Расчеты ходкости и ледопроеходимости судов также осуществляются с непосредственным использованием данных 3D-модели. Для автоматизации процесса подготовки данных разработан специальный модуль. С использованием поверхностной и твердотельной модели корпуса судна снимаются данные по углу наклона форштевня, углы наклона шпангоутов, примыкания ватерлинии к ДП, площадь КВЛ, выполняются расчеты водоизмещения и коэффициента общей полноты, смоченной поверхности и др. Данные поступают во входные файлы модулей расчета сопротивления воды движению судна по Холтросу и расчета ледопроеходимости.

**7.5. Для реализации универсальной модели управляемого модифицируемого корпуса** судна разработан программный комплекс, в котором применены специальные технологии построения и модификации 3D геометрической модели корпуса проектируемого судна. При этом поверхность остается достаточно гладкой. Предусмотрен ряд технологических операций модификации, от аффинных преобразований до изменения размеров и положения цилиндрической вставки, изменения углов наклона форштевня и кормы. Реализация данных технологий позволяет оперативно подстраивать судовую поверхность под нужды проектанта. Технологии могут быть применены в процессе оптимизации характеристик судна, добассейновой оптимизации и в ходе диалогового изменения вариантов проектируемого судна.

## 8. КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ ДОБАССЕЙНОВОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

Разработаны программные комплексы для добассейновой оптимизации корпуса с целью обеспечения наилучших гидродинамических характеристик. Рассмотрен двухэтапный процесс. На первом решаются вопросы обеспечения

наилучших показателей ходкости судна на чистой воде и ледопроеходимости. При поиске наилучшего решения предусмотрена возможность использования модулей для модификации корпуса судна (см. п. 7.5). При поиске оптимального решения по форме корпуса предусмотрена возможность дополнительных проверок качеств судна. Сюда относятся вопросы размещения грузовых помещений, расчет весовой нагрузки, удифференровка судна, расчет технико-экономических показателей, включая расчет в ледовых условиях при работе в составе транспортных комплексов с учетом ледокольного обеспечения.

На втором этапе для окончательной отработки корпуса предусмотрено использование вычислительной мощи суперкомпьютерного комплекса. Пока в рамках выполненной ОКР осуществлена отработка процесса передачи корпусов, построенных с помощью разработанной системы концептуально-исследовательского проектирования «Оптимум-1» в систему гидродинамического анализа Star CCM+. Наличие в составе системы «Оптимум-1» средств для быстрой модификации корпусов в сочетании с вычислительной мощностью суперкомпьютерного центра позволит и на этом этапе выполнить ряд приближений при поиске оптимального варианта формы корпуса судна.

## 9. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Для коллективной многопользовательской работы в среде системы управления базами данных Microsoft SQL Server создано развитое информационное обеспечение. Для удобной работы пользователей с базой данных (БД) разработаны диалоговые формы для ввода информации, ее корректировки, просмотра, выборки по определенным критериям. Подготовлены средства для выборки информации из БД, автоматического формирования и подачи на вход расчетных модулей ранее рассмотренных программных комплексов.

База данных сложной морской техники (СМТ) содержит информацию по существующим объектам СМТ, включая данные о газовозах, ледоколах, танкерах, плавучих хранилищах, судах снабжения. По каждому судну помимо основных характеристик и элементов судна представлены также данные об основном и вспомогательном оборудовании. Эта информация может быть использована в качестве справочных данных или для подготовки зависимостей для определения характеристик и элементов судов на основе обработки статистической информации из БД. В состав БД СМТ включены две подбазы – судовых поверхностей и весовых нагрузок.

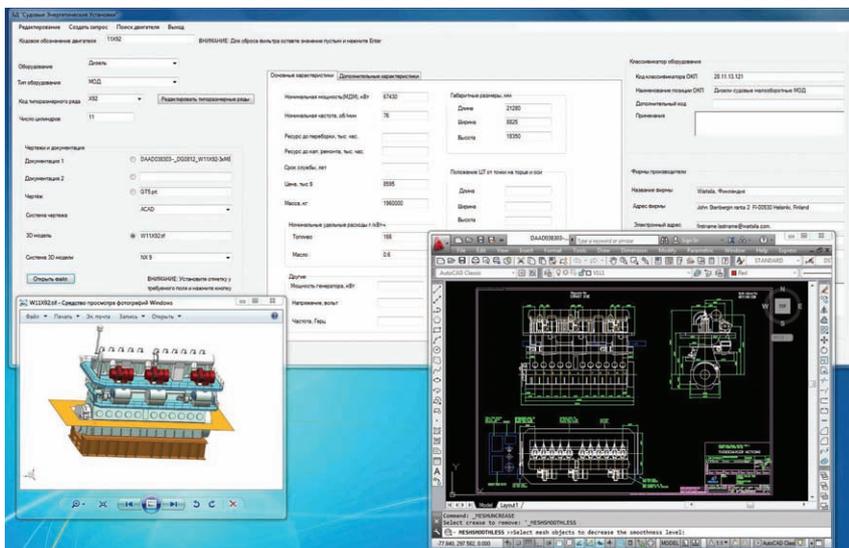


Рис. 2. Пример экранной формы для отображения записи в БД «Судовые энергетические установки»

База данных по энергетическим установкам содержит информацию по судовым энергетическим установкам. На рис. 2 представлен пример отображения записи в БД «Судовые энергетические установки». Кроме вызова числовой и текстовой информации предусмотрена возможность отображения чертежной документации и 3D-моделей.

База данных расчетных ледовых условий на основных линиях эксплуатации судов для российского сектора Арктики, Балтийского и Каспийского морей содержит информацию на линиях перевозок с учетом изменений ледовых условий по участкам трассы плавания и месяцам годового эксплуатационного периода (толщина льда, сплоченность, торосистость, толщина снега). Информация о ледовых условиях может быть выбрана из БД и подана на вход программного комплекса расчета технико-экономических показателей судов на линиях перевозок.

База данных модельных испытаний предназначена для хранения информации по результатам модельных испытаний судов и других объектов морской техники. Здесь также разработаны программные средства для обеспечения взаимодействия расчетных процедур расчета ходкости с БД «Модельные испытания».

База данных судового оборудования. Предметная область рассматриваемой БД включает множество различных объектов основного оборудования судовых систем и устройств, разрабатываемого, изготавливаемого и поставляемого большим количеством ведущих мировых фирм. БД ориентирована на хранение информации об основных элементах

судовых систем и устройств. Предусмотрено дальнейшее развитие и насыщение данной БД.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработана оптимизационная система концептуально-исследовательского проектирования судов «Оптимум-1», позволяющая:
  - оперативно выполнять проектные проработки транспортных судов, технико-экономические обоснования морских транспортных систем, в том числе на перспективных арктических направлениях перевозок;
  - достигать высокого экономического эффекта создания отдельных судов и перспективных систем морского транспорта за счет выбора оптимальных решений.
2. Разработанные программные и информационные средства предназначены для использования на ранних стадиях проектирования. Как правило, это работы до развертывания проектных работ в КБ и начальные стадии работ КБ, связанные с обоснованием основных решений, выбором оптимального варианта, его основных параметров для последующей детальной разработки. Применение предлагаемых средств для проработки проектных решений позволит избежать многих ошибок, возникающих в работах КБ из-за недостаточной глубины проработки или несогласования проектных решений на ранней стадии проектирования.
3. Ряд программных комплексов, например программные комплексы для определения технико-экономических показателей судов на линиях

перевозок с учетом ледовых условий, уже имеют богатый послужной список решенных задач по технико-экономическим исследованиям для созданных и перспективных систем морского транспорта. Работы выполнялись в интересах таких фирм, как НК «Лукойл», ОАО «Газпром», ООО «Газпром Добыча Шельф», ООО «Газпром Добыча Нефть», ОАО «Роснефть», Conoco, Wintershall и др.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Пашин В. М. Оптимизация судов. – Л.: Судостроение, 1983.
2. Он же. Направления дальнейшего развития методов оптимизации характеристик судов и пополнения флота // Вопросы судостроения. – Сер. Проектирование судов. – 1979. – Вып. 21. – С. 3–13.
3. Он же. Двухэтапная оптимизация характеристик судов и пополнения флота // Вопросы судостроения. – Сер. Проектирование судов. – 1979. – Вып. 21. – С. 35–45.
4. Поляков Ю. Н. Некоторые вопросы решения задачи оптимизации характеристик судов в стохастической постановке // Вопросы судостроения. – Сер. Проектирование судов. – 1979. – Вып. 21. – С. 27–34.
5. Пашин В. М., Суженис Э. Н. Возможные направления разработки подсистемы «Оптимизация элементов» автоматизированной системы проектирования судов // Вопросы судостроения. – С. «Проектирование судов». – 1979. – Вып. 2. – С. 48–64.
6. Пашин В. М., Поляков Ю. Н. Вероятностная оценка экономической эффективности судов. – Л.: Судостроение, 1976.
7. Ашик В. В. Проектирование судов. – Л.: Судостроение, 1975.
8. Бронников А. В. Проектирование судов. – Л.: Судостроение, 1991.
9. Киреев В. Н., Мацкевич В. А., Рязанцев Ю. И. Справочник по нагрузке масс морских судов. – СПб.: ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова, 2007.
10. Правила классификации и постройки морских судов Российского морского регистра судоходства, 2014.
11. Цой Л. Г. Формула для определения ледопроеходимости и рекомендации по выбору форм обводов корпуса ледоколов и транспортных судов ледового плавания. – Сб. науч. тр. ЦНИИМФ. – Л., Транспорт. 1990, с. 141–144.
12. Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программирование. – М.: Мир, 1975.
13. Пашин В. М. Как соизмерять качества кораблей, или главные задачи теории проектирования. – Сб. ст. «Академик А. Н. Крылов. К 150-летию со дня рождения». – СПб., ФГУП «Крыловский государственный научный центр», 2013, с. 125–142. ■

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОДВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ КАК СЛОЖНЫХ СИСТЕМ СИЛ ВЕСА И ПОДДЕРЖАНИЯ

**П.А. Шауб**, д-р техн. наук, проф., вед. науч. сотрудник,  
**В.И. Гусев**, канд. техн. наук, начальник отдела,  
**С.В. Московкина**, ст. науч. сотрудник,  
**Л.Ю. Королева**, науч. сотрудник,  
**Л.Н. Шауб**, науч. сотрудник, НИИ кораблестроения и вооружения ВМФ  
ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия»,  
контакт. тел. (812) 405 0706

**П**одводная лодка (ПЛ) рассматривается, с одной стороны, как система сил веса и поддержания, а с другой – как емкость для размещения внутреннего оборудования, определяющего материальное содержание и играющего особую роль в соблюдении равновесия при учете наличия объема подводного водоизмещения и объема проницаемых частей.

Учет этого в создании сложной системы, где все составные части объединены между собой причинно-следственными связями, обеспечивает в значительной степени качество проектируемого объекта. Переход непосредственно к проектированию кораблей и судов, где основная задача определяется равенством потребного объема  $V_{по}$  и фактического  $V_{пр}$ , определенного в процессе проектирования:

$$V_{по} = V_{пр} \quad (1)$$

Если перейти к понятию «объемное водоизмещение», которое определяет водоизмещение корабля [1], зависимостью

$$D = \rho \cdot V, \quad (2)$$

а это уже масса корабля, то, видимо, можно найти связь массы составляющих его подсистем с потребными для их размещения объемами. Для этого в данной статье предложен принцип построения сопряженных уравнений весов и объемов, отображающих объект как сложную систему. Этот принцип реализуется применительно к ПЛ как к объекту, наиболее характерному для раскрытия всего материального содержания ее в сочетании с законами взаимодействия между силами веса и поддержания, определяющего поведение корабля (судна) в море. Отличие предлагаемого способа решения данной задачи от традиционного состоит в особом приеме отображения ПЛ как сложной системы и в раскрытии присущей этой системе внутренних причинно-следственных связей между ее подсистемами. Для отображения ПЛ как сложной системы с учетом связи уравнений весов и объемов используем принцип разделения ее на две подсистемы [2]. В первую подсистему войдут объекты, которые определяют наличие или отсутствие у ПЛ свойства, определяющего ее использование по прямому назначению. Например, если отсутствует балластная система, ПЛ становится надводным кораблем, нет механической установки – нет хода и т.д.

Во вторую подсистему входят объекты, обеспечивающие работоспособность объектов первой подсистемы. Для работы двух основных подсистем существует, как минимум, три группы причинно-следственных связей: первая

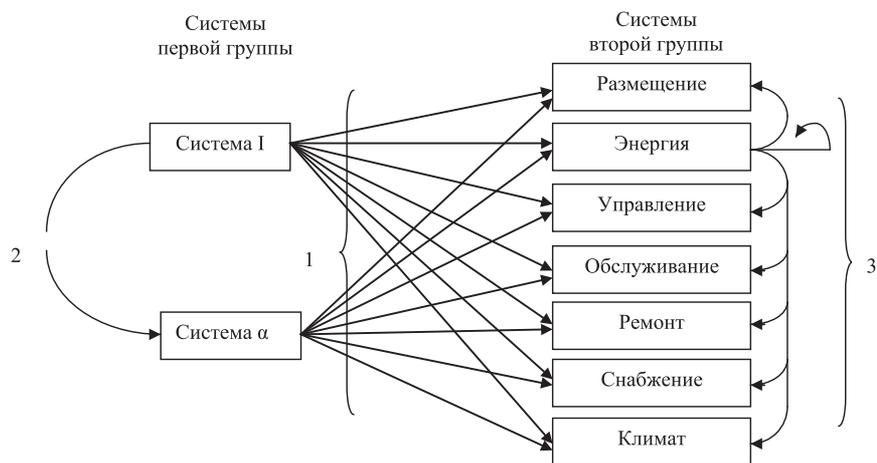


Рис. 1. Структура внутренних причинно-следственных связей ПЛ

– связь между первой и второй подсистемой; вторая – связь между объектами первой подсистемы; третья – связь между объектами второй подсистемы (рис. 1).

Из приведенной схемы видно, что каждое свойство ПЛ через эти связи влияет на все ее компоненты. При этом вес и объем корпуса ПЛ как системы определяет расположение всего ее материального содержания и играет определенную роль в соблюдении условий равновесия. Рассмотрим ПЛ как систему сил веса и поддержания. При этом будем разделять весовую нагрузку ПЛ и

потребный для нее объем на постоянную часть, определяющую все материальное содержание проекта, и переменную, которая изменяется в процессе эксплуатации. Тогда таблица нагрузки разделится в зависимости от расположения компонентов на части:

- внутреннюю – внутри корпуса;
- наружную – выше ватерлинии;
- наружное – ниже ватерлинии.

Разделение ПЛ на компоненты и системы рассмотренных сил показаны на рис. 2.

Рассматривая корпус как систему веса и поддержания при составлении

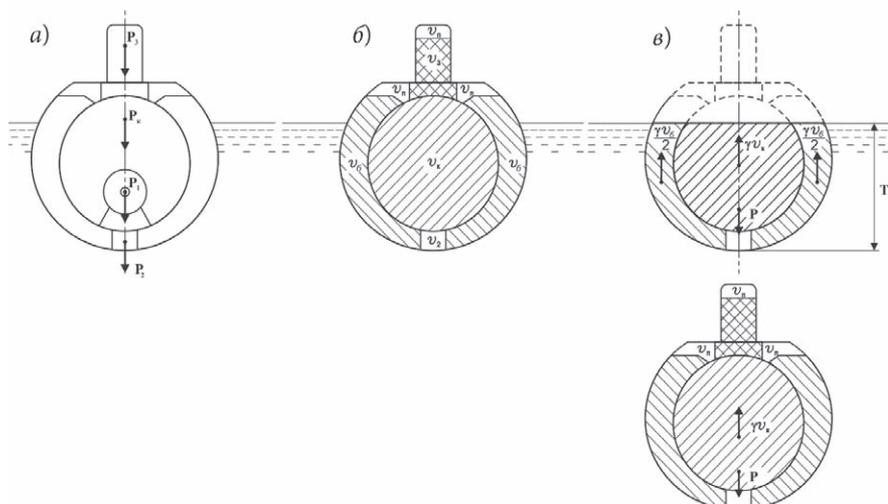


Рис. 2. Условная схема весов, объемов и сил поддержания ПЛ:  
а – система сил веса; б – распределение объемов; в – силы поддержания

методики расчета, примем следующие условные обозначения:

$P$  – полный вес ПЛ;  $V$  – полный непроницаемый объем ПЛ;  $V_T$  – объем погруженной части ПЛ по ватерлинию равновесия;  $T$  – осадка по ватерлинию равновесия;  $p_1$  – вес внутреннего оборудования;  $v_1$  – внутренний объем корпуса, необходимый для расположения внутреннего оборудования;  $v_k$  – внутренний объем корпуса, определяемый из условия плавучести;  $p_2$  – вес наружного оборудования, расположенного ниже ватерлинии;  $v_2$  – объем наружного оборудования, расположенного ниже ватерлинии;  $p_3$  – вес наружного оборудования, расположенного выше ватерлинии;  $v_3$  – объем наружного оборудования, расположенного выше ватерлинии;  $v_n$  – объем наружных проницаемых частей (в уравнении поддержания не учитывается);  $P_6$  – вес балласта;  $v_6$  – объем балласта;  $p_k$  – вес корпуса;  $\gamma$  – плотность морской воды;  $\gamma_1$  – отношение веса  $p_1$  к объему  $V_1$  (допустимая плотность насыщения внутреннего объема корпуса);  $\gamma_2$  – плотность наружного груза  $p_2$  ниже ватерлинии;  $\gamma_3$  – плотность наружного груза  $p_3$  выше ватерлинии;  $q_k$  – вес единицы объема корпуса;  $\gamma_k$  – плотность материала корпуса или аналогичная ей величина (последняя оговорка сделана в связи с тем, что конструкция корпуса может иметь в своем составе детали, препятствующие использованию всего внутреннего объема для размещения оборудования);  $P_{об}$  – вес всего оборудования.

Тогда условие равновесия будет иметь вид

$$P = \gamma \cdot V_T \quad (3)$$

где

$$P = p_1 + p_2 + p_3 + p_k + p_6 \quad (4)$$

$$\text{Обозначим } P_{об} = p_1 + p_2 + p_3; \quad (5)$$

$$\text{и } p_1 = b_1 P_{об}; p_2 = b_2 P_{об}; p_3 = b_3 P_{об}; p_4 = b_4 P_{об}; \quad (6)$$

Аналогично можем принять, что

$$V_T = K(v_k + v_6) + v_2 \quad (7)$$

где  $K$  – доля от суммы объемов  $v_k + v_6$  и  $v_2$ .

Так как между весами и объемами перечисленных элементов имеются известные связи:

$$P_k = g_k v_k; \quad v_6 = \frac{P_6}{\gamma_{к6}} = g_k \frac{v_6}{\gamma_6}; \quad v_2 = \frac{P_2}{\gamma_2} = \frac{b_2 P_{об}}{\gamma_2}. \quad (8)$$

Если подставить (7), (8) в (3), условие равновесия примет вид

$$(b_1 + b_2 + b_3) P_{об} + g_k v_k = + \gamma K v_k (1 + \frac{g_k}{\gamma}) + \frac{\gamma b_2 P_{об}}{\gamma_2}.$$

Решая данное выражение относительно  $\frac{v_k}{P_{об}}$  будем иметь относительный объем корпуса ПЛ, который необходим для его равновесного положения.

$$\frac{v_k}{P_{об}} = \frac{1 - \gamma \frac{b_2}{\gamma_2}}{\gamma K (1 + \frac{q_k}{\gamma_k} - q_k)} = \frac{f_1}{f_2}. \quad (9)$$

Как видно, правая часть (8) представляет собой отношение силовых воздействий на ПЛ статических сил, вызываемых системой оборудования и корпусом.

При принятых обозначениях запас плавучести ПЛ будет равен

$$\frac{v_k + v_6 + v_2 - [K(v_k + v_6) + v_2]}{v_k + v_6 + v_2} \approx 1 - K. \quad (10)$$

Значение  $K=1$  соответствует ПЛ, удифферентованной в подводном положении.

Рассмотрим ПЛ как емкость размещения внутренних грузов [3]. Если объем корпуса, определенный из условия равновесия при заданной величине  $K$ , считается недостаточным для размещения внутренней части оборудования, то его надо увеличить, что приведет к добавлению балласта. Тогда уравнение равновесия (считая, что балласт располагается вне корпуса и ниже ватерлинии) примет в отличие от (3) вид

$$\sum_3 b_i P_i + p_k + p_6 = \gamma [K(v_1 + v_6) + v_2 + v_6],$$

где  $p_6$  и  $v_6$  – соответственно вес и объем балласта.

Принимая во внимание [2], что

$$p_k = g_1 v_1 = \frac{b_1}{\gamma} g_k P_{об}; \quad v_1 = \frac{b_1}{\gamma} P_{об};$$

$$v_6 = \frac{g_k b_1}{\gamma_k \gamma_1} P_{об}; \quad v_2 = \frac{b_2}{\gamma_2} P_{об}; \quad v_6 = \frac{P_6}{\gamma_6},$$

получим необходимое значение веса и объема балласта данной плотности  $\gamma_6$ .

$$\frac{P_6}{P_{об}} = f_3 [f_2 \frac{b_1}{\gamma_1} - f_1], \quad (11)$$

где

$$f_3 = \frac{1}{1 - \gamma / \gamma_b}. \quad (12)$$

Таким образом, чтобы узнать, каким условиям (равновесия или размещения) определяется величина водоизмещения ПЛ, достаточно сопоставить численные значения  $f_1/f_2$  и  $b_1/\gamma_1$ . Если первое будет больше второго, то водоизмещение определяется условием равновесия и вычисление следует производить по формулам [2]

$$\frac{P}{P_{об}} = 1 + g_k \frac{f_1}{f_2}; \quad (13)$$

$$\frac{P}{P_{об}} = \gamma K (1 - \frac{q_k}{\gamma_k}) \frac{f_1}{f_2} + \gamma \frac{b_2}{\gamma_2}; \quad (14)$$

$$\frac{V_m}{P_{об}} = \gamma K (1 + \frac{q_k}{\gamma_k}) \frac{f_1}{f_2} + \frac{b_2}{\gamma_2}; \quad (15)$$

$$\frac{V}{P_{об}} = \gamma K (1 + \frac{q_k}{\gamma_k}) \frac{f_1}{f_2} + \frac{b_2}{\gamma_2} + \frac{b_3}{\gamma_3}. \quad (16)$$

В противном случае следует пользоваться следующими формулами:

$$\frac{P}{P_{об}} = 1 + \frac{b_1}{\gamma_1} g_k + f_3 [f_2 \frac{b_1}{\gamma_1} - f_1]; \quad (17)$$

$$\frac{D}{P_{об}} = \gamma \{ K (1 + \frac{g_k}{\gamma_k}) \frac{b_1}{\gamma_1} + \frac{b_2}{\gamma_2} + \frac{1}{\gamma_b} f_3 [f_2 \frac{b_1}{\gamma_1} - f_1] \};$$

$$\frac{V}{P_{об}} = (1 + \frac{g_k}{\gamma_k}) \frac{b_1}{\gamma_1} + \frac{b_2}{\gamma_2} + \frac{1}{\gamma_b} f_3 [f_2 \frac{b_1}{\gamma_1} - f_1] + \frac{b_3}{\gamma_3}. \quad (18)$$

Для составления полного уравнения с раскрытием всех зависимостей сопряженных между собой значений веса и объема каждой системы могут быть предусмотрены известными полиномами

$$p_i = A_i D + B_i D^{2/3} + R_i D^{1/3} + C_i;$$

$$v_i = \bar{A}_i V_T + \bar{B}_i V_T^{2/3} + \bar{R}_i V_T^{1/3} + C_i;$$

При этом  $\gamma_i^a = \frac{A_i}{\bar{A}_i}$ . (19)

Первый член отображает вес и объем, второй – поверхность корпуса, третий – линейный размер, четвертый – вес и объем, не зависящие от водоизмещения.

Коэффициенты при неизвестных  $D$  и  $V_T$  представляют собой известные функции ПЛ.

В результате веса и объемы запишутся в виде

$$P_i = (A_{i1} + A_{i2} + A_{i3}) D + (B_{i1} + B_{i2} + B_{i3}) D^{2/3} + (R_{i1} + R_{i2} + R_{i3}) D^{1/3} + C_{i1} + C_{i2} + C_{i3};$$

$$v_i = (\bar{A}_{i1} + \bar{A}_{i2} + \bar{A}_{i3}) V_T + (\bar{B}_{i1} + \bar{B}_{i2} + \bar{B}_{i3}) V_T^{2/3} +$$

$$+(\bar{R}_{i1} + \bar{R}_{i2} + \bar{R}_{i3}) V_T^{1/3} + \bar{C}_{i1} + \bar{C}_{i2} + \bar{C}_{i3}.$$

К системе (19) для углубления исследования можно добавить кроме учета сопряженных весов и объемов еще сопряженные площади, необходимые для размещения оборудования ПЛ

$$S_i = \bar{A}_i S + \bar{B}_i S^{2/3} + \bar{R}_i S^{1/3} + \bar{C}_i. \quad (21)$$

В статье рассматривались только статические силы, в случае необходимости могут рассматриваться и силы динамической природы. Что касается систем второй группы, то их сопряжения между собой и с системами первой группы определяются аналогично.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гайкович А.И. Теория проектирования водоизмещающих кораблей и судов. – Т. 1: Описание системы «корабль» – СПб.: Моринтех, 2014.
2. Четвертаков М.М., Шауб П.А. Общие принципы разработки математических моделей судов // Вопросы судостроения. – Сер: Математические методы. Программирование. Эксплуатация ЭВМ. – 1975. – Вып. 8.
3. Дронов Б.Ф., Пялов В.Н. Введение в архитектуру подводных лодок. – СПб.: ОАО «СПМБМ «Малахит», 2014. ■

К задачам мореходности кораблей, которые должны быть разрешены в процессе проектирования, относится и обеспечение их безопасности в неблагоприятных условиях плавания.

4. Для корабля небольших размеров, находящегося в дрейфе на волнении при одновременном воздействии шквалистого ветра, бортовой качки и заливания верхней палубы либо движущегося с попутными курсовыми углами, что чревато попаданием в условия, благоприятные для захвата корабля попутной волной (т.е. проявлением брочинга), или развитием интенсивных бортовых колебаний в режиме параметрического резонанса, основной опасностью является вероятность быть опрокинутым.

Особенности динамики надводного корабля, дрейфующего лагом в условиях штормового ветра и волнения, как одного из наиболее опасного с точки зрения опрокидывания случая, довольно хорошо исследованы. Как результат, проектантам предложены довольно надежные критерии обеспечения необходимого уровня его ветростойкости при одновременном воздействии на корабль нормированных порывов ветра и волнения. Для судов гражданского флота при оценке уровня их ветростойкости применяется так называемый «критерий погоды» [12].

*Брочинг* развивается в условиях потери кораблем курсовой устойчивости при движении на попутном волнении со скоростью, близкой к скорости бега волн, имеющих длину, соизмеримую с длиной корабля, и обладающих энергией, достаточной, чтобы вынудить его перемещаться вместе с волнами. При наступлении брочинга захваченный волной корабль, находясь на переднем склоне волны, начинает непроизвольно разворачиваться лагом к волне. Так как его разворот имеет исключительно динамический характер, сочетание центробежных сил на неуправляемой циркуляции и гидродинамических сил, обусловленных большими углами дрейфа, приводит к возникновению значительного кренящего момента, синфазность которого с воздействием последующей набегающей крупной волны способно опрокинуть корабль, обладающий недостаточным запасом динамической устойчивости.

Статистика аварий гражданских судов и проведенные модельные эксперименты показывают, что проявление брочинга может быть опасно в основном для кораблей и катеров длиной до 50 м. При этом наличие у корабля широкой плоской транцевой кормы и узкой носовой оконечности с малой плавучестью увеличивает риск возникновения

# ПРОБЛЕМЫ МОРЕХОДНОСТИ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ КОРАБЛЕЙ

## ЧАСТЬ 2\*

**И.К. Бородай**, д-р техн. наук, проф., гл. науч. сотрудник,  
**С.Г. Живица**, канд. техн. наук, начальник лаборатории,  
**В.Г. Платонов**, канд. техн. наук, начальник сектора,  
 ФГУП «Крыловский государственный научный центр»,  
 контакт. тел. (812) 415 4988, 415 4951

брочинга при прочих равных условиях. В целом избежать с помощью проектных решений этого опасного феномена, как правило, не удается, и на помощь приходят эксплуатационные рекомендации, как общие, так и разработанные применительно к конкретному проекту и касающиеся контроля скорости и курса по отношению к волнению [13, 14].

Для кораблей как малых, так и больших размеров опасным может оказаться движение на продольном (встречном – попутном) волнении, сопровождающееся развитием субгармонических параметрических бортовых колебаний. Лабораторные и натурные исследования показывают, что амплитуды бортовых колебаний в этом режиме могут достигать существенных величин, иногда даже превышая значения амплитуд качки при основном (гармоническом) резонансе. В результате при неблагоприятном сочетании волн, ветрового воздействия и скорости корабля последний может оказаться на грани опрокидывания. Так, на рис. 10 приведен пример развития параметрических бортовых колебаний модели проектируемого надводного корабля в условиях чисто попутного волнения, выявленных во время эксперимента в мореходном бассейне Крыловского государственного научного центра.

Феномен *параметрического резонанса* представляет собой одно из наиболее опасных проявлений нелинейной бортовой качки корабля. Оценка условий возбуждения и амплитуд колебаний корабля при движении на продольном волнении в режиме параметрического резонанса обычно сводится к анализу следующего дифференциального уравнения с периодическим коэффициентом (при допущении о линейности коэффициента демпфирования бортовой качки  $\mu$  и диаграммы статической остойчивости  $I(\theta) = h\theta$ , где  $h$  – начальная метацентрическая высота)

$$\ddot{\theta} + \mu\dot{\theta} + (\omega_a^2 + \omega_a^2 \cos \omega_k t)\theta = 0, \quad (1)$$

где  $\theta$  – угол наклона корабля при бортовой качке;  $t$  – время измерения качки;

$$\omega_a^2 = \frac{Dh_{cp}}{I_{xx} + \lambda_{\theta\theta}},$$

где  $h_{cp} = 0,5(h_{max} + h_{min})$  – средняя начальная метацентрическая высота качающегося на волнении корабля в течение кажущегося периода волны  $\tau_k = 2\pi / \omega_k$ ;

$$\omega_a^2 = \frac{Dh_a}{I_{xx} + \lambda_{\theta\theta}},$$

где  $h_a = 0,5(h_{max} - h_{min})$  – амплитудное значение «пульсации» начальной метацентрической высоты в течение  $\tau_k$ ;  $I_{xx} + \lambda_{\theta\theta}$  – сумма собственного момен-

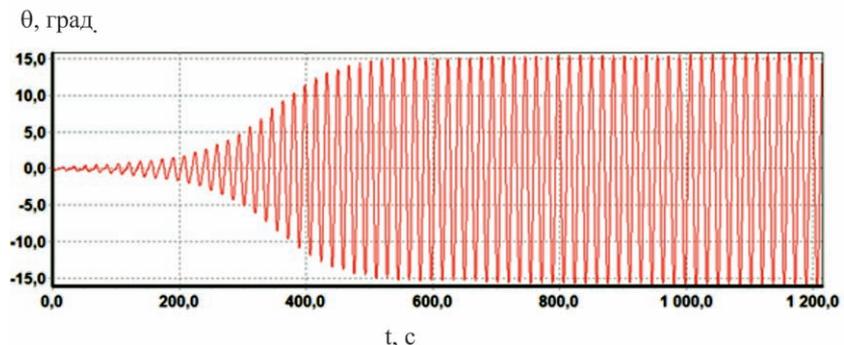


Рис. 10. Бортовая качка модели корабля в условиях параметрического резонанса на попутном волнении;  $\omega_k = 2,02\omega_0$ ;  $S_{ск.к} = 1,5\%$

Здесь  $\omega_k$  – кажущаяся частота волнения (частота волнения в движущейся вместе с кораблем системе координат);  $\omega_0$  – собственная частота бортовых колебаний корабля;  $S_{ск.к}$  – отношение суммарной площади скуловых килей к площади ватерлинии

\* Часть 1 – см. «Морской вестник», 2016. №2(58), с. 19.

та инерции корабля и присоединённого момента инерции относительно центральной продольной оси корабля при бортовых колебаниях.

Известно, что на плоскости параметров (амплитуда, частота воздействия) существуют зоны неустойчивости решения уравнения (1) с характерными сужающимися впадинами, расположенными в окрестностях резонансных частот

$$\omega_k \approx \frac{2\omega_0}{n}, n = 1, 2, 3... \quad (2)$$

Применяя несложные преобразования и замену переменных, уравнение (1) можно свести к классическому в теории нелинейных колебаний уравнению Матъе:

$$\dot{x} + (a + q \cos(\tau))x = 0. \quad (3)$$

Параметры  $a$  и  $q$  в уравнении (3) определяются выражениями

$$a = \left( \frac{\omega_0^2}{\omega_k^2} - \frac{\mu^2}{4} \right); \quad q = \frac{\omega_a^2}{\omega_k^2}. \quad (4)$$

Зоны неустойчивости на плоскости параметров ( $a, q$ ), носящей название диаграммы Айнса–Стретта, изображены на рис. 11.

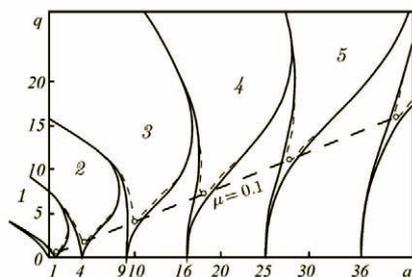


Рис. 11. Диаграмма Айнса–Стретта для уравнения Матъе с учётом демпфирования  
1 – 5 – зоны, соответствующие номерам субгармонических резонансов

Попадание параметров  $a, q$  и  $\mu$  в уравнении движения корабля на волнении в зону неустойчивости указывает на высокую вероятность развития параметрического резонанса на частоте, примерно в два раза меньшей частоты воздействия волн.

Отметим следующие отличия от гармонического резонанса (т.е. резонанса при вынужденных колебаниях, происходящих с частотой возмущения). Во-первых, он представляет собой бортовую качку корабля, возникающую в отсутствии внешнего кренящего момента, частота которой связана с кажущейся частотой волнения соотношением (2). При этом нарастание амплитуды параметрических колебаний происходит по экспоненциальному закону, а не по линейному. А во-вторых, как видно из диаграммы Айнса–Стретта, для развития параметрических колебаний амплитуда воздействия (величина относительной «пульсации» поперечной остойчивости корабля на волнении) должна превысить некоторое пороговое значение, определя-

емое величиной бортового демпфирующего момента, которое увеличивается с ростом номера резонанса (на рис. 11 представлено наклонной пунктирной линией). Здесь следует отметить, что практическое значение имеет, как правило, главный параметрический резонанс, при котором частота возмущения вдвое выше частоты собственных колебаний бортовых колебаний корабля. Если корабль движется вразрез волнам, то периодическое изменение момента остойчивости определяется в основном относительной развитой вертикальной и килевой качкой; если же корабль идет попутными курсовыми углами, то причиной изменения поперечной остойчивости будет периодическое изменение смоченности поверхности корпуса при прохождении вдоль корпуса последовательно вершин и подошв обгоняющих корабль волн.

Экспериментальные исследования [15–18], а также анализ ряда произошедших аварий с транспортными судами [19, 20] убедительно демонстрируют возможность возбуждения параметрического резонанса и в условиях нерегулярного волнения. Экспериментами установлено, что наличие в волновой реализации групп волн с последовательностью четырех – шести волн резонансной частоты и соответствующей высоты оказывается достаточным для быстрого развития параметрических бортовых колебаний в силу вышеупомянутого экспоненциального способа их нарастания. В качестве примера на рис. 12 приведена запись параметрического резонанса при движении модели контейнеровоза длиной  $L \approx 260$  м в условиях нерегулярного попутного волнения со значительной высотой  $h_{1/3} = 4,0$  м.

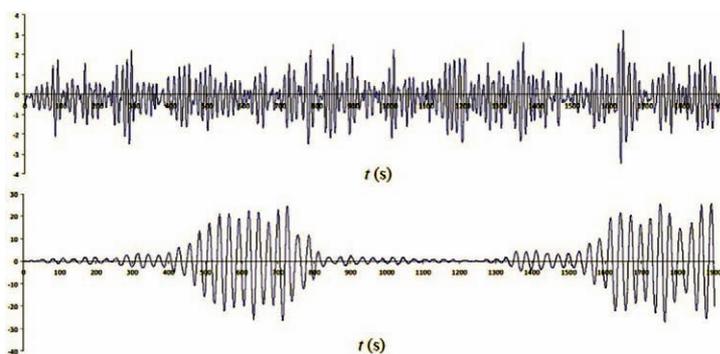


Рис. 12. Реализации волновых ординат (вверху), м, и бортовых наклонов модели контейнеровоза типа класса «Post-Panamax C11» (внизу), град., при движении на чисто попутном нерегулярном волнении (спектр JONSWAP,  $\gamma=3,3, h_{1/3} = 4,0$  м) [18]

Вышеизложенные особенности возбуждения параметрического резонанса сами определяют проектные способы принятия превентивных мер для борьбы с этим опасным явлением.

Первым и наиболее простым из них является применение скуловых килей. К недостатку этого способа относится невозможность их установки на

кораблях, предназначенных для несения службы в высоких широтах в зимний период, когда возможно повреждение килей обломками льда, попадающими под корпус при движении корабля. В качестве второго недостатка при использовании скуловых килей необходимой («пороговой») площади является ограничение их размеров как по длине (с точки зрения сопротивления движению корабля), так и по высоте (кили не должны выступать за габаритную ширину корабля). К тому же модельные эксперименты показывают, что скуловые кили с площадью, достаточной для предотвращения возбуждения параметрических колебаний на лаговом волнении, могут оказаться неспособными помешать развитию параметрического резонанса в условиях продольного волнения [21].

Более эффективной мерой как для предотвращения, так и для снижения интенсивности параметрической бортовой качки корабля могут служить успокоительные резонансно настроенные цистерны, пассивные или активные, способные создавать значительно больший по сравнению с киллями стабилизирующий момент. Выбор типа и параметров цистерны определяется особенностями внутреннего устройства корабля и данными расчётно-экспериментальных исследований воздействия динамики воды в цистерне на его бортовую качку.

Оборудование корабля бортовыми управляемыми рулями и в качестве средства предотвращения параметрического резонанса может быть полезным лишь в сочетании с установкой скуловых килей в силу их малой эф-

фективности при движении в условиях попутного волнения и в отсутствии хода.

Как следует из диаграммы Айнса–Стретта, вторым основным проектным решением по снижению вероятности развития бортовых субгармонических колебаний является оптимизация формы корпуса корабля. Поскольку теоретические исследования и модельные

испытания убедительно подтверждают тот факт, что значительное изменение площади смоченной поверхности качающегося корабля за период прохождения волны вдоль его корпуса может приводить даже в условиях чисто продольного волнения к развитию интенсивной бортовой качки, действия проектировщиков должны быть направлены на решение компромисса в процессе разработки обводов корпуса, обеспечивающих надлежащий уровень ходкости, управляемости, остойчивости и мореходности. Так, показанный на рис. 10 параметрический резонанс явился результатом, с одной стороны, наличия значительной продольной асимметрии корпуса (близкой к треугольной в плане), а с другой – присутствием развитого кормового подзора в непосредственной близости от ватерлинии, что вкупе при качке корабля на продольном волнении привел к значительной «пульсации» момента поперечной остойчивости и, как следствие, к потере устойчивости и развитию бортового параметрического резонанса.

Близкой к предыдущей является задача оптимального выбора соотношений главных размерений корпуса и нагрузки корабля, по возможности обеспечивающих два условия, направленных на уменьшение вероятности развития параметрических бортовых колебаний. Первое касается соотношения собственных периодов бортовых  $\tau_0$  и вертикальных  $\tau_c$  колебаний корабля – следует, по возможности, избегать соотношения  $\tau_0 \approx 2\tau_c$ , так как резонансная вертикальная качка на удвоенной частоте собственных бортовых колебаний с высокой вероятностью способствует увеличению амплитуды «пульсации» восстанавливающего момента корабля при движении на волнении. Вторым условием является выполнение равенства  $z_g \approx d$ , где  $z_g$  – высота центра тяжести корабля над основной плоскостью. В свое время Л.Н. Стреляевым [22] показано, что при расположении центра тяжести судна вблизи плоскости ватерлинии величина порога возбуждения параметрического резонанса при качке в условиях лагового волнения существенно возрастает; соответственно, увеличение отношения  $z_g/d$  будет приводить к снижению порога развития бортовых параметрических колебаний.

Как дополнение к перечисленным мерам на стадии проектирования корабля, в рамках разработки эксплуатационных ограничений инструкции по управлению кораблем представляется необходимым построение круговой диаграммы с использованием, например, методов, разработанных в гл. 4 монографии [23], указывающей в координатных осях «скорость – курсовой угол волны»

зоны вероятного развития бортового параметрического резонанса.

Задача обеспечения безопасности корабля еще на стадии проектирования возникает и для случая, когда в результате боевых или навигационных повреждений часть его отсеков оказывается затопленной. Возможны ситуации, когда находящаяся в повреждённых отсеках вода может приводить к образованию отрицательной начальной остойчивости, а при плавании на волнении – к особым режимам качки корабля, чреватых его опрокидыванием. Современные средства анализа позволяют для проектируемого корабля с учетом особенностей конструкции его корпуса предусмотреть возможность предотвращения таких опасных ситуаций.

При изучении динамики поврежденного корабля задача, как правило, сводится к решению системы нелинейных дифференциальных уравнений качки накрённого плавучего объекта, учитывающих его основные особенности (попадание значительных масс воды внутрь корпуса; несимметричное распределение весовой нагрузки и несимметрию смоченной поверхности корпуса вследствие появления статических крена и дифферента; значительное изменение формы смоченной поверхности при качке, сопровождающейся входом палубы в воду или оголением скулы), и базирующихся на методах решения, описанных в [23, 24]. Дополнительно при определении характеристик бортовых колебаний поврежденного корабля необходимо учитывать влияние динамики влившейся забортной воды в повреждённые отсеки, например, как предлагается в [25].

К настоящему времени в теории корабля рассмотрены многие вопросы его динамики в аварийном состоянии. Достаточно полно изучены обстоятельства качки корабля при несимметричных нагрузке и форме погруженного объема. В качестве общего результата, характерного для несимметрично загруженного плавсредства, можно указать на усугубление взаимосвязи между различными видами качки за счет гидростатической асимметрии корпуса.

Среди особенностей динамики корабля, накрённого без дифферента, можно отметить следующие, наиболее важные с точки зрения безопасности:

- отличие среднего угла крена корабля при качке на волнении от крена на тихой воде;
- возрастание вероятности возникновения параметрического резонанса;
- различие в поведении корабля в зависимости от того, с какого борта набегает волны – с погруженного (низкого), или со стороны вышедшего из воды (высокого).

Наличие значительных масс жидкости в отсеках корабля также оказывает существенное влияние на его динамические характеристики. Это влияние проявляется многообразно:

- появляется дополнительный резонанс бортовой качки в более высокой частотной области по сравнению с собственной частотой колебаний внутренней жидкости;
- уменьшаются поперечный момент инерции массы и остойчивость корабля, особенно при затоплении высококорасположенных отсеков;
- увеличивается демпфирование качки в поперечной плоскости, и изменяются волновые возмущающие силы.

Снижение метацентрической высоты, характерное для аварийных кораблей, нередко приводит к искривлению начального участка диаграммы статической остойчивости (ДСО). Такое изменение формы ДСО становится причиной проявления признаков нелинейности в динамике качающегося корабля, среди которых:

- зависимость частоты собственных колебаний от их амплитуды;
- изгиб амплитудно-частотной кривой бортовой качки;
- возможность существования нескольких режимов колебаний при одних и тех же волновых условиях.

Наличие начального участка ДСО с углами крена, характеризующимися отрицательными значениями плеч остойчивости, чрезвычайно усложняет характер поведения корабля на волнении. Так, на рис. 13 продемонстрирована возможность возбуждения различных типов резонансных бортовых колебаний судна с отрицательной начальной остойчивостью, реальность которых подтверждена модельными экспериментами [26].

Участки кривых на рис. 13, для которых не выполняются условия устойчивости «в малом», соответствуют неустойчивым физически нереальным режимам качки и представлены в виде пунктирных линий. Устойчивому «в малом» стационарному режиму качки в сечении фазового пространства при установлении колебаний соответствует особая точка типа «фокус», а ветви амплитудно-частотной характеристики качки, неустойчивой «в малом» – особая точка типа «седло». Эта точка неустойчива, и стационарный режим не может поддерживаться; любое незначительное отклонение от этой точки будет приводить колебания к устойчивому состоянию, представленному тем или другим «фокусом».

5. Проблема достоверного определения параметров кинематики корабля оказывается решающей для безотказного действия установленного на нем оборудования, а также выполнения сложных операций в условиях волнения.

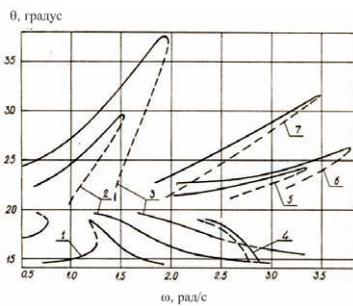


Рис. 13. Амплитудно-частотные характеристики бортовой качки модели судна 60-й серии при плавании в положении лагом к регулярному волнению с интенсивностью  $m1, m2, m3$  и  $m4; m1 < m2 < m3 < m4$

1 –  $m = m2$ ; 2 –  $m = m3$ ; 3 –  $m = m4$ : гармонический резонанс; 4 –  $m = m3$ : субгармонический резонанс 2-го рода; 5 –  $m = m3$ ; 6 –  $m = m4$ : субгармонический резонанс 3-го рода; 7 –  $m = m1 = 0$ : параметрический резонанс

К таким операциям относится прежде всего использование палубной авиационной техники и, в частности, ее посадка на летную палубу. Задача безаварийной посадки эффективно решается при использовании системы, работа которой основана на теории краткосрочного прогноза колебаний «точки» посадки при качке корабля. Если корабль испытывал бы качку на регулярном волнении, его колебания совершались бы с неизменными периодом и амплитудой; при этом в любой момент времени  $t$  можно указать единственное и совершенно достоверное значение величины, характеризующей качку корабля, которое она будет иметь через интервал времени  $\tau$ , то есть в момент времени  $t + \tau$ . В реальных условиях плавания при действии на корабль нерегулярных волн краткосрочное прогнозирование его колебаний может быть осуществлено лишь на основе теории экстраполяции случайных процессов [27, 28]. Задача об экстраполяции стационарного случайного процесса  $U(t)$  заключается в отыскании некоторой функции значений процесса  $U(s), s \leq t$  «в прошлом», являющейся лучшим приближением к значению процесса  $U(t + \tau)$  «в будущем», причем  $\tau > 0$ . Лучшим приближением является такое, которое обеспечивает минимальную разницу между прогнозируемым значением процесса и реализованным в действительности. В силу случайного характера предсказанного и действительного процессов оптимальным является прогнозирование с минимальной дисперсией ошибки. Очевидно, что дисперсия ошибки такого прогноза будет расти с увеличением интервала  $\tau$ .

Теория экстраполяции позволяет построить прогнозируемое значение колебаний корабля на волнении в виде функции

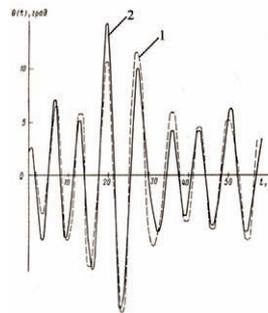
$$\tilde{U}(t + \tau) = F \left[ \begin{matrix} U(t), U(t - s_1), \\ U(t - s_2), \dots, U(t - s_n) \end{matrix} \right], \quad (5)$$

где  $\tilde{U}$  – наиболее вероятное мгновенное значение процесса «в будущем».

Функция  $F$  строится как линейная зависимость от значений процесса «в прошлом».

Для проектирования корабельных систем прогноза качки необходимо предусмотреть при плавании корабля непрерывный анализ спектральной плотности прогнозируемого процесса с последующей корректировкой формулы прогноза. В качестве иллюстрации на рис. 14 приведены результаты непрерывного краткосрочного прогнозирования качки натурального корабля для двух значений интервала  $\tau$ .

а)



б)

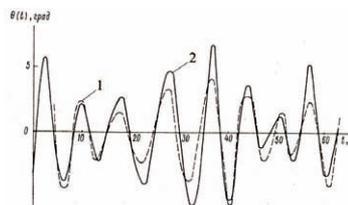


Рис. 14. Краткосрочное прогнозирование бортовой качки при  $\tau = 2$  с (а) и  $\tau = 5$  с (б)

1 – прогноз; 2 – реальный процесс

Укажем категорию задач, возникающих в процессе проектирования: разработка средств и методов проведения морских операций в условиях волнения. К ним относятся, в частности, снабжение кораблей топливом в море кильватерным или траверзным методом, безопасное выполнение грузовых операций, швартовка в условиях волнения с обеспечением безопасной работы швартовочной системы. Для решения этих задач необходимы данные о кинематике совместного движения кораблей на волнении при различных режимах плавания и взаимном расположении. Такие данные могут быть получены расчетным путем с учетом гидродинамического влияния кораблей друг на друга и наличия упругих связей между ними. Однако наиболее надежные результаты в этом отношении получаются на основе модельных испытаний, включая определение возникающих при качке усилий в швартовочных связях или пассивных системах позиционирования.

В заключение отметим, что все перечисленные в статье проблемы обеспечения требуемой мореходности кораб-

лей и способы их решения успешно реализуются лабораторией мореходности ФГУП «Крыловский государственный научный центр».

## ЛИТЕРАТУРА

- International Code on Intact Stability, MSC 85/3/2, 23 June, 2008.
- Выбор безопасных скоростей и курсовых углов при штормовом плавании судна на штормовом волнении, РД 31.00.57.2-91. – М., Мортехинформреклама, 1993.
- Revised Guidance to the Master for Avoiding Dangerous Situations in Adverse Weather and Sea Conditions, MSC.1 – Circ.1228, IMO, London, 2007.
- Нецаев Ю.И. Остойчивость судов на попутном волнении. – Л.: Судостроение, 1978.
- Бородай И.К., Виленский Г.В. и др. Прикладные задачи динамики судов на волнении. – Л.: Судостроение, 1989.
- Bulian G., Francescutto F. On the Nonlinear Modelling of Parametric Rolling in Regular and Irregular Waves, 8th Int. – Conf. on the Stability of Ships and Ocean Vehicles. – Madrid, Spain, 2003.
- Turk A. Coupled Nonlinear Parametric Resonance Model for Container Ships. – Doctoral Dissertation. University of Rijeka, Croatia, 2012.
- Александров К.К. О параметрическом резонансе. – М., Мортехинформреклама, ЭИМТ, 1933. – Вып. 9.
- France W., Leivadou M., Treacle T., Paulling J., Michel R., Moore C. An Investigation of Head-Sea Parametric Rolling and its Influence on Container Lashing Systems // Marine Technology. – 2003. – Vol. 40. – № 1.
- Mumif A., Ikeda Y., Fujiwara T., Katayama T. Parametric Roll Resonance of a Large Passenger Ships in Dead Ship Condition in All Heading Angles. – Proc. of 9th Int. Ship Stability Workshop, Rio de Janeiro, Brazil, 2006.
- Стрельев Л.Н. О пороге возбуждения параметрического резонанса бортовой качке судна, расположенного лагом к волне, Теоретические и практические вопросы мореходных качеств судов. – Л.: Транспорт, 1967.
- Бородай И.К. и др. Мореходность судов и средств океанотехники: Методы оценки. – СПб., ФГУП «Крыловский государственный научный центр», 2013.
- Живица С.Г., Семенова В.Ю. Практический способ определения гидродинамических характеристик качки накрененного судна. – Тр. Крыловского государственного научного центра, СПб., 2015.
- Rakhmanin N., Zhivitsa S. Prediction of Motion of Ships with Flooded Compartments in a Seaway. – Int. Conf. on Stability of Ships and Ocean Vehicles. – STAB'94, Melbourne, USA, 1994.
- Живица С.Г. Динамика аварийного судна, потерявшего начальную остойчивость, на волнении: Дисс. на соискание уч. степени канд. техн. наук, ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова, 1998.
- Яглом А.М. Введение в теорию стационарных случайных функций // Успехи матем. наук. – 1952. – Т. 7. – Вып. 5.
- Winer N. The extrapolation, Interpolation and Smoothing of Stationary Time Series. – New-York, USA, 1950. ■

**В** апреле 2015 г. ПАО «Выборгский судостроительный завод» подписал контракт на строительство двух ледокольных судов обеспечения для ООО «Газпромнефть–Новый порт».

Торжественная церемония закладки головного судна «Александр Санников» прошла 3 ноября 2015 г., и в настоящее время завершается формирование корпуса судна и ведутся работы по сборке секций второго судна серии.

Суда предназначены для работы на арктическом терминале Новопортовского месторождения, расположенного на западе Обской губы, на полуострове Ямал, и являющимся одним из самых крупных разрабатываемых нефтегазоконденсатных месторождений Ямало-Ненецкого автономного округа. Новые суда предназначены для круглогодичной эксплуатации и будут выполнять следующие задачи:

- проводка танкеров дедвейтом около 40 000 т между портом Сабетта и районом мыса Каменный в Обской губе в ледовых условиях;
- поддержка безопасности при причаливании и погрузке танкеров;
- защита арктического отгрузочного терминала экспорта нефти от ударных воздействий при образовании льда и движении ледяных полей;
- спасательные операции в области арктического отгрузочного терминала экспорта нефти (морская причальная система) и оказание содействия судам в ледовых условиях и на открытой воде при волнении моря до 7 баллов по шкале Бофорта;
- поиск и спасение людей как на открытой воде при волнении до 5 баллов по шкале Бофорта, так и в ледовых условиях;
- проход во льдах в условиях малых глубин Обской губы;
- доставка и транспортировка небольших партий палубного груза и эксплуатационного персонала на арктический отгрузочный терминал экспорта нефти;
- тушение пожаров на плавучих и береговых объектах, доступных для подхода с моря;
- поддержка подводно-технических водолазных работ на глубинах до 12 м;
- дистанционное автоматизированное управление арктическим нефтяным отгрузочным терминалом экспорта нефти (морской причальной системой);
- участие в операциях по ликвидации аварийных разливов нефти как на открытой воде, так и в ледовых условиях, в качестве транспортировщика оборудования и сборщика вод и нефтепродуктов, полученных в результате ликвидации разлива;

## КОМПЛЕКСНАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМ СВЯЗИ, НАВИГАЦИИ И МОНИТОРИНГА ДЛЯ ЛЕДОКОЛОВ ПРОЕКТА IBSV01

*Д.Н. Егоров, техн. директор,  
А.С. Соловьев, ген. директор,  
ПАО «Выборгский судостроительный завод»,  
контакт. тел. (813) 782 8686*

– временное размещение спасенных экипажей танкеров и других судов.

Длина ледоколов составит 121,7 м, ширина – 26 м, осадка – 8,0 м, мощность пропульсивного комплекса – 21,5 МВт.

Концептуальный пр. ARC130A разработан компанией «Aker Arctic», технический проект IBSV01 выполнен «Морским Инженерным Бюро», разработка РКД выполняется специалистами ПКБ «Петробалт» и технического центра подготовки производства Выборгского судостроительного завода.

Как и в других проектах, реализуемых Выборгским судостроительным заводом, при разработке технического проекта данного ледокола в обязательном порядке учитывалось следующее:

- проектант в установленные сроки разрабатывает и предоставляет заводу исходные технические требования (ИТТ) на все основное оборудование;
- проектант обязан в счет цены контракта произвести верификацию направляемых ему заводом технических предложений поставщиков (от трех до пяти) на предмет их соответствия ТП;
- верифицированные проектантом поставщики допускаются к участию в тендере, проводимом заводом;
- по результатам тендера, проектант, также в счет цены контракта, дорабатывает ТП с учетом технической документации, предоставленной выигравшим тендер поставщиком.

Согласование списка поставщиков с заказчиком проводится заводом само-

стоятельно, на основе результатов проведенной проектантом верификации.

Объем локализации (с точки зрения стоимости материального пакета) на данных судах составит около 40%. Ведь даже с учетом реализуемой в настоящее время политики импортозамещения объем импортируемого оборудования для гражданских судов вряд ли снизится в краткосрочной перспективе. И дело даже не в способности или неспособности отечественной промышленности производить те или иные группы товаров. Просто судостроительный рынок вообще и рынок судового оборудования в частности гораздо уже многих других рынков и, как следствие, более глобален. Поэтому соотношение «цена–качество» является единственным критерием как для коммерческого заказчика, так и для гражданской верфи.

Общий вид ледокола «Александр Санников» представлен на рис. 1.

Судно строится на класс Российского морского регистра судоходства КМ ⚙ Icebreaker8[1]AUT1-ICS FF1WS DYNPOS-2 EPP ANTI-ICE ECO SDS<12 Winterization (-50) Tug.

Новопортовское месторождение расположено в суровых условиях Заполярья, поэтому чрезвычайно важной задачей для строящихся ледоколов является обеспечение бесперебойной и безаварийной работы арктического терминала.

Экипаж судна состоит всего из 21 человека, не считая лоцмана и представителя судовладельца, поэтому для выполне-



*Рис. 1. Общий вид ледокола «Александр Санников» (фото предоставлено компанией «Aker Arctic»)*

ния основных и вспомогательных задач, стоящих перед экипажем, а также для максимального исключения человеческого фактора в случае возникновения внештатных ситуаций на судне предусматривается полная автоматизация всех основных функциональных элементов.

Судно оборудовано дизель-электрической гребной установкой с тремя азимутальными пропульсивными устройствами типа Azipod, приводимыми в действие электродвигателями, управляемыми частотными преобразователями. Мощность каждого из двух кормовых азимутальных движителей – 7,5 МВт, а мощность носового азимутального движителя – 6,5 МВт. Кроме того, судно оснащено носовым туннельным подруливающим устройством мощностью 1,8 МВт.

Судовая энергетическая установка состоит из четырех главных дизель-генераторов мощностью 2×8910 кВт и 2×4450 кВт, плюс один стояночный дизель-генератор мощностью 1140 кВт.

Все операции в машинных помещениях судна обеспечиваются системами безоператорной автоматизации без ручного содействия.

Система автоматизации энергетической установки включает в себя два пульта управления, расположенных в центральном посту управления энергетической установкой, и два пульта управления, интегрированных в пульт управления судном в рулевой рубке. Система выполняет следующие функции:

- дистанционное автоматическое управление генераторами и электропитанием;
- дистанционное автоматическое управление главными и вспомогательными распределительными устройствами и их контроль;
- дистанционное автоматическое управление дизелями и их контроль;
- дистанционное автоматическое управление насосами, вентиляторами и клапанами машинного оборудования;
- дистанционный замер уровня в цистернах и измерение осадки.

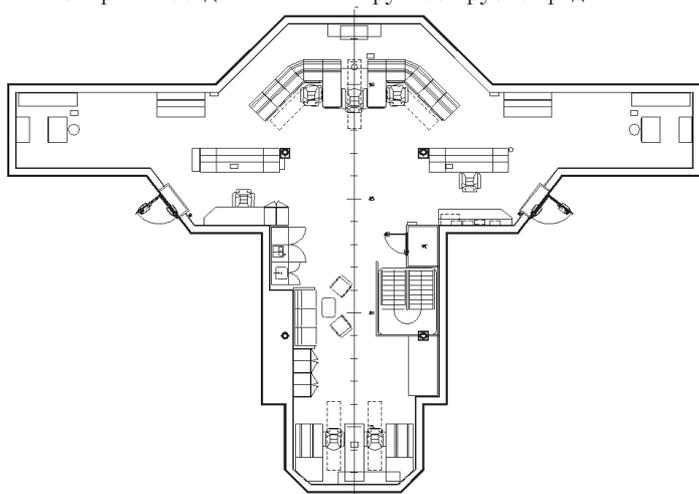


Рис. 2. План рулевой рубки судна пр. IBSV01

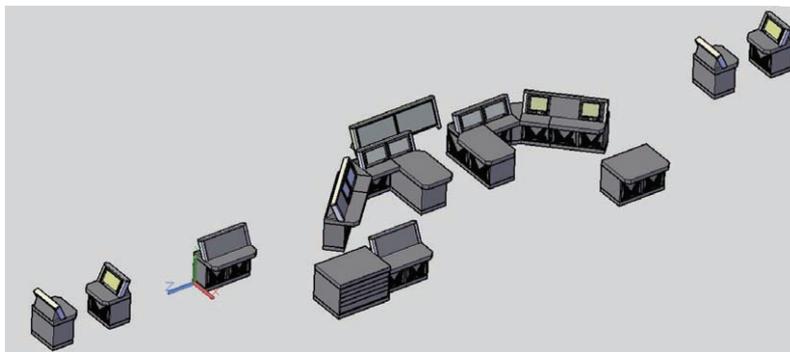


Рис. 3. Концептуальное расположение центрального и бортовых пультов судновождения судна пр. IBSV01

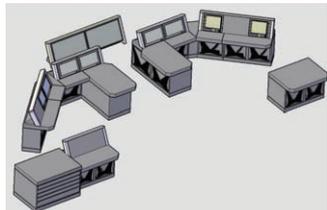


Рис. 4. Общий вид центрального пульта судновождения

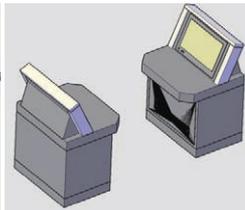


Рис. 5. Общий вид бортового пульта судновождения

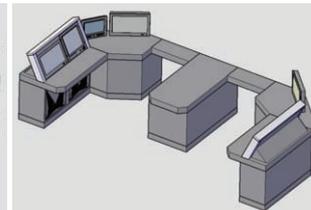


Рис. 6. Компонировка кормового пульта судновождения

Консоль в центральном посту управления включает в себя следующее оборудование:

- панели дистанционного управления для гребной электрической установки и их видеотерминалы;
- панели пуска и останова дизель-генераторов;
- кнопки пожарной и общей сигнализации со световой индикацией;
- панели сигнализации азимутальных движителей;
- телефон и двухсторонняя связь;
- противопожарная мнемосхема с управлением клапанами и насосами;
- переключатели со световыми индикаторами для открытия и закрытия приемных клапанов забортной воды специальной системы пожаротушения;
- операторские станции объединенной системы управления, сигнализации и контроля.

Общий вид рулевой рубки и расположение пультов управления судна в рулевой рубке представлен на рис. 2–6.

Пульты управления судном в рулевой рубке включают в себя:

- главный навигационный пульт;
- потолочные панели центрального пульта управления;
- пульта управления на крыльях мостика;
- потолочные панели бортовых пультов управления;
- кормовой навигационный пульт;
- потолочные панели кормового навигационного пульта;
- консоли динамического позиционирования;
- штурманский стол;
- пульт системы безопасности;
- пульт ГМССБ;
- пульт связи с вертолетом.

Для всех световых приборов на стойках пультов, за исключением световых индикаторов, предусмотрена возможность плавного затемнения (от яркого свечения до полного выключения).

Для централизованного доступа к информации и дистанционного автоматизированного управления техническими средствами судна предусмотрена интегрированная система управления техническими средствами (ИСУ ТС), представляющая собой многопользовательскую систему на микропроцессорной основе. Данная система обеспечивает полный контроль и функционирование сигнализации гребной и всех вспомогательных установок судна с предоставлением информации обо всех контролируемых параметрах.

ИСУ ТС включает в себя все необходимые датчики, сканирующие блоки, центральный процессор, блоки визуального отображения информации с клавиатурами, цветной лазерный графический принтер, регистратор случаев

срабатывания сигнализации, блок управления запрещающими действиями. Также ИСУ ТС обладает функцией самопроверки/диагностики.

Комплексная система автоматизации основана на технологии передачи данных по сети Ethernet с резервированием. Основная часть сети управления основана на использовании волоконно-оптической технологии. На полевом уровне используются медные кабели.

Идеология управления пропульсивной установкой основывается на философии разделения, а именно: предусмотрены три полностью независимые электрические гребные установки – одна с правого борта, одна с левого борта и одна носовая. Отказ одной из установок не приводит к выведению остальных установок из рабочего состояния.

Рулевая рубка судна имеет круговой обзор и минимальные зоны затенения видимости при управлении судном с любого из навигационных пультов управления.

Комплект электронavigационного оборудования судна включает в себя следующие элементы:

- радиолокационную станцию 10 см;
- радиолокационную станцию 3 см;
- систему отображения ледовой обстановки;
- электронную картографическую навигационную информационную систему;
- систему отображения судовой навигационной, эксплуатационной информации;
- спутниковый компас;
- судовой комбинированный приемник индикатор ГНСС;
- автоматическую идентификационную систему;
- гирокомпас;
- лаг с устройством ледовой защиты;
- эхолот 50 кГц с устройством ледовой защиты;
- эхолот 200 кГц с устройством ледовой защиты;
- систему управления курсом;
- систему приема внешних звуковых сигналов;
- судовую метеостанцию;
- видеокамеру-тепловизор;
- судовую систему единого времени.

Как видно из перечня, кроме навигационных систем, требуемых Правилами РС, на судно будет установлен ряд дополнительного оборудования, обеспечивающего работу в полярных условиях. На рис. 7 приведен пример прокладки курса судна с помощью системы отображения ледовой обстановки, которая позволяет в арктических широтах:

- планировать наиболее безопасный экономичный маршрут судна;
- дистанционно получать рекомендуемые маршруты в тяжелой ледовой обстановке;

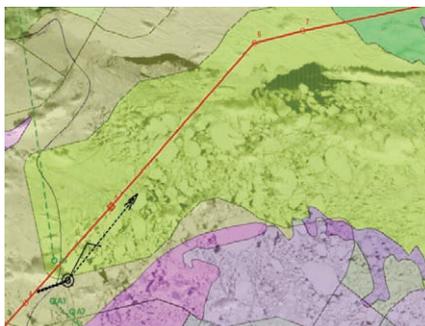


Рис. 7. Система отображения ледовой обстановки

- отображать ледовые карты на дисплее конвенционной системы ЭКНИС;
- получать информацию по спутниковым каналам связи в течение всего рейса.

На рис. 8 приведен пример отображения ледовой обстановки на экране ледового радара.

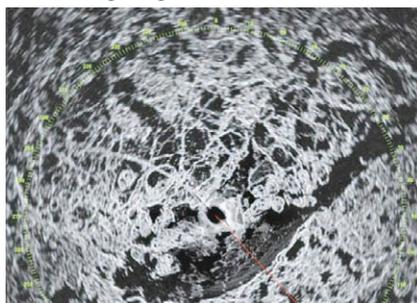


Рис. 8. Отображение ледовой обстановки на экране ледового радара

Ледовый радар–приставка является надежным источником получения информации, установлен непосредственно на борту судна и оказывает помощь судоводителю в решении следующих задач:

- получение информация о текущей окружающей ледовой обстановке – структура ледовых полей, трещины и т. п.;
- выбор оптимальной траектории маневрирования судна с учетом трещин и разломов в ледовом поле;
- обнаружение и сопровождение айсбергов.

Также система позволяет обнаруживать маломерные объекты (надутая лодка и т. п.), что способствует использованию системы в операциях поиска и спасения.

Система тепловизор–видеокамера позволяет вести наблюдение за ледовой обстановкой в условиях полярной ночи с круглосуточным получением информации об окружающей навигационной обстановке. Кроме того, применение оборудования открывает дополнительные возможности во время операций поиска и спасения.

С целью повышения безопасности эксплуатации корпуса судна в тяжелых ледовых условиях в состав средств автоматизации введена система измере-



Рис. 9. Отображение айсберга на экране тепловизора

ния ледовых нагрузок, действующих на корпус судна (рис. 10). Система позволяет определить наиболее экономичный и безопасный режим движения судна во льдах, а также обеспечивает судоводителя текущей информацией о состоянии корпуса судна и сигнализирует об опасных и критических ледовых нагрузках.

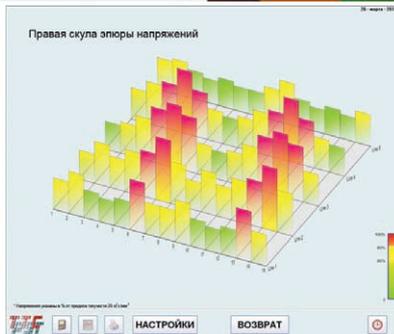
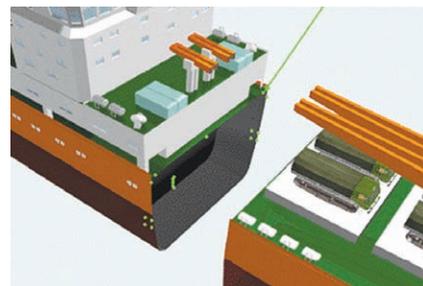


Рис. 10. Система измерения ледовых нагрузок, действующих на корпус судна

Судно пр. IBSV01 будет первым ледоколом класса Icebreaker 8, оснащенным креслом судоводителя с полностью интегрированной в пультах кресла системой управления пропульсивным комплексом и энергетической установкой, что делает комфортным управление всеми основными элементами судна одним судоводителем без необходимости изменения его положения за пультом управления.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Правила классификации и постройки морских судов. – Российский морской регистр судоходства, 2016.
2. Международный кодекс, обязательный для судов, эксплуатирующихся в полярных водах (Полярный кодекс), IMO, 2016.
3. Соловьев А.С. Актуальные вопросы гражданского судостроения на российских верфях: «бизнес есть бизнес» // Морской вестник. – 2016. – № 2 (58). ■

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в связи с ростом скоростей и грузооборота на транспорте, с повышением требований к безопасности эксплуатации различных металлических конструкций (МК) возникает необходимость перехода от принципов их обслуживания на основе среднестатистических показателей (наработка на отказ) к технологическому обслуживанию по фактическому состоянию, что обусловлено экономией трети затрат на ремонт и обслуживание [1]. В процессе эксплуатации технических объектов для оценки их технического состояния (ТС) применяются традиционные методы неразрушающего контроля (НК), которые малопригодны для непрерывного контроля параметров объектов. На практике время образования дефектов зачастую намного меньше назначенных межремонтных периодов, что повышает вероятность возникновения аварийных ситуаций. Самыми распространенными причинами возникновения аварийных ситуаций являются усталостные разрушения, предупреждение которых возможно за счет разработки системы мониторинга степени усталости металла (СУМ) ответственных узлов и деталей оборудования, обладающей способностью обнаружения зарождающихся дефектов в структуре металла (СМ) и возможностью последующего прогнозирования остаточного ресурса (ОР) [1].

## ВЫБОР МЕТОДА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

Согласно [2] классификация методов НК предполагает их деление на *пассивные* – использующие собственные физические поля, отображающие внутреннюю энергию материала объектов контроля, и *активные* – с созданием в материале исследуемых объектов «принудительного» физического поля заданной ориентации. К пассивным методам НК можно отнести: автоэмиссионный, акустико-эмиссионный, метод магнитной памяти металла (МПМ), тепловой и т. п. К активным методам НК относятся все остальные методы, перечисленные в [2]. Кроме того, активные методы НК направлены на поиск дефектов в СМ, в то время как годность диагностируемых МК должна определяться непосредственно СУМ [3].

Сегодня в России и за рубежом для мониторинга СУМ используют традиционные активные методы НК, в процессе применения которых выявлены сложности в проведении измерений и громоздкость оборудования. Активные методы НК также оказывают негативное влияние на ОР МК. Поэтому наиболее пригодными для непрерывного мониторинга СУМ являются пассивные методы НК [4], при которых используется оборудование небольших габаритов. Эти методы обладают простотой процесса диагностирова-

# МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ПАССИВНЫМ ЭКСПРЕСС-МЕТОДОМ

*Р. А. Сахаров, инженер-конструктор 2-й категории ЗАО «ЦНИИ СМ»,  
контакт. тел. +7 (911) 224 5357*

ния с возможностью его автоматизации, а также отсутствием негативного влияния на ОР МК. Однако в современных условиях требуется изучение и развитие комплексных методов мониторинга СУМ.

## ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

Различные напряженные состояния МК в процессе эксплуатации сопровождаются механическими, химическими, магнитными, тепловыми и другими явлениями. При трении металлов происходит диссипация энергии в приграничных областях, в основном через электромагнитное взаимодействие. Такое же явление наблюдается и при внутреннем трении в металле, что обусловлено различием фазовых состояний [5]. Кроме того, достаточно полно исследовано наличие взаимосвязи между структурой, магнитными и механическими свойствами сталей [6, 7]. В ходе исследований выявлено влияние внутренних напряжений в СМ на магнитные свойства МК, характеризующиеся обобщенными показателями СУМ.

Поскольку СУМ является не столько особенностью процесса эксплуатации МК, сколько внутренним обобщенным свойством самого материала, целесообразно использовать в качестве пассивного экспресс-метода [4] для мониторинга СУМ измерение магнитных свойств

вблизи поверхности МК по аналогии с методикой магнитной разведки [8].

Данная концепция не предполагает операций намагничивания (размагничивания) или любого другого специального наведения магнитных полей от внешних источников. Измерения конфигурации магнитного поля по трем осям в процессе «пассивного» экспресс-метода НК для мониторинга СУМ проводятся в естественном магнитном поле Земли (область Рэлея).

Также проведен сравнительный анализ датчиков измерения электромагнитных полей [9], согласно которому анизотропно-магниторезистивные (АМР) датчики по своим техническим характеристикам наиболее пригодны для мониторинга СУМ.

На основе АМР датчиков автором, совместно с кафедрой «Автоматизированное проектирование» ПГУПС, было разработано устройство для магнитометрии [10], функциональная блок-схема которого приведена на рис. 1.

Отличительной особенностью устройства является то, что магнитное поле измеряется по результату изменения сопротивления чувствительных элементов, соединенных в мостовую схему (мост Уитстона) при прохождении сквозь них магнитного потока, благодаря чему возможно определение не только интенсивности, как в датчике Холла, но и на-

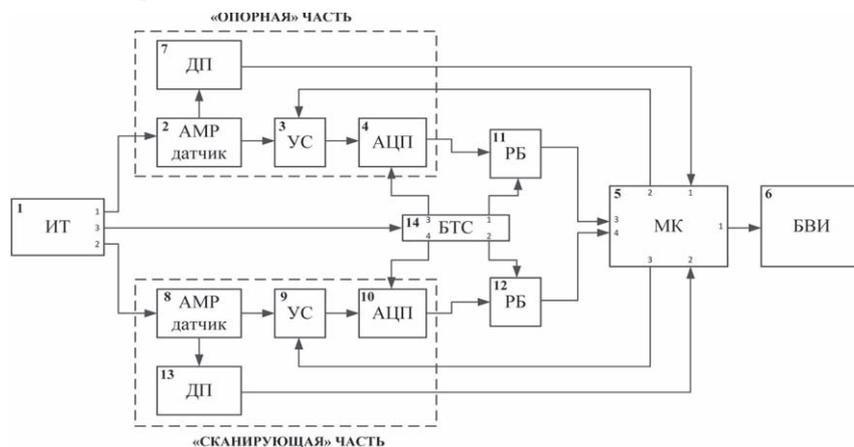


Рис. 1. Функциональная схема устройства

1 – источник тока; 2, 8 – датчики магнитного поля; 3, 9 – усилители; 4, 10 – аналого-цифровые преобразователи; 5 – микроконтроллерный блок; 6 – блок вывода информации; 7, 13 – датчики положения; 11 и 12 – регистрирующие блоки; 14 – блок тактовой синхронизации

правления магнитных полей. Это создает возможность отображения взаимосвязи магнитного и структурного состояния металла, благодаря чему возможно применение физических критериев для оценки конфигурации магнитного поля вблизи возможных зон концентрации напряжений в исследуемом изделии [10].

### АЛГОРИТМ ПРОЦЕССА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

В процессе эксплуатации МК испытывают неравномерное нагружение, и поэтому всегда имеются области концентрации напряжений, обусловленные как самой конструкцией, так и характером нагружения. Усталостные дефекты в таких зонах обязательно появляются как неизбежный и естественный результат их развития в процессе эксплуатации, причем размеры таких зон намного больше размеров возможных усталостных дефектов. Точное местонахождение и время появления дефектов в таких зонах носит относительно случайный характер, тогда как местонахождение самих зон-концентраторов в правильно сконструированной, изготовленной и эксплуатируемой конструкции строго предопределено. Поэтому вероятность обнаружения местоположения зон концентрации напряжений, как правило, близка к единице. Однако вероятность обнаружения дефекта даже в известной области «традиционными» методами НК лишь иногда превышает величину 0,5. Таким образом, процесс перехода от дефектоскопических принципов современной диагностики металлов к мониторингу за усталостным состоянием в режиме реального времени становится все более актуальным в связи с повышением требований безопасности к эксплуатации технических объектов.

Автору представляется целесообразным разделение процесса технического диагностирования МК на две стадии с момента ввода их в эксплуатацию. На первой стадии осуществляется непрерывный мониторинг СУМ по установленному показателю с помощью «пассивного» экспресс-метода согласно [4], а на второй – при достижении значений установленного показателя выше критического, соответствующего предельному состоянию металла, используются традиционные «активные» методы НК для непосредственного поиска дефектов на деталях, снятых с эксплуатации.

Далее рассмотрим приведенный алгоритм диагностирования МК данным методом (см. рис. 1).

В «опорной» части датчик положения определяет начало и направление координат для позиционирования прибора в плоскости, параллельной относительно прикладываемой поверхности изделия, а анизотропный магниторезистивный датчик служит для определения вектора и

«эталонной» величины магнитного поля в пространстве. В «сканирующей» части датчик положения определяет координаты позиционирования относительно «опорной» части, а анизотропный магниторезистивный датчик определяет вектор и величину магнитного поля в каждой конкретной координате измерения. Затем в микроконтроллерном блоке происходит сравнение значений «сканирующей» и «опорной» частей с последующим определением разницы значений характеристик магнитного поля и присвоением им координат точек измерения, что, в свою очередь, образует «виртуальный» мост Уитстона и тем самым достигается повышение точности регистрации дефектов. Результаты отображаются в блоке вывода информации в параметрическом виде в форме функциональной поверхности отклика для возможности определения на плоскости показателя интенсивности и направления происходящих процессов в магнитном поле по следу или касательной искомой точки кривой.

Введение блока тактовой синхронизации обусловлено, с одной стороны, необходимостью восстановления искажений передаваемого дискретного сигнала от воздействия внешних помех на канал связи, с другой стороны – необходимостью синхронизации аналоговых сигналов по времени с целью обеспечения точности регистрации аномалий магнитного поля вблизи зон возможных дефектов исследуемой детали. Наличие блока тактовой синхронизации подразумевает также возможность подключения дополнительных «сканирующих» частей к устройству магнитометрии, что значительно расширяет спектр применения данного устройства [10].

### ФОРМИРОВАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ И ПОСЛЕДУЮЩАЯ ИХ ОБРАБОТКА

Исходными данными для решения задач технического диагностирования МК являются измеренные (наблюдаемые) значения магнитной индукции, обобщенно характеризующие СУМ и выявленные в процессе мониторинга, которые также фиксируются в виде временного ряда. Однако конструкция применяемого устройства предполагает не просто фиксирование временного ряда измеряемых величин, а сравнение вектора и «эталонной» величины магнитного поля с вектором и величиной магнитного поля в конкретной области, что дает истинные значения собственного магнитного поля объекта.

Подобный способ измерения, а именно магнитовариационный метод (МВМ), дополняющий традиционную магниторазведку, изложенный подробно в [8], теоретические основы которого так и не были достаточно проработаны по отно-

шению к анизотропным объектам и, тем более, применительно к задачам технического диагностирования. Основой МВМ является система уравнений типа Пуассона, описывающая аномальные магнитовариационные поля:

$$\begin{aligned} \partial X - \partial X_0 &= \kappa_x^* c_{xx} \partial X_0 + \kappa_y^* c_{xy} \partial Y_0 + \kappa_z^* c_{xz} \partial Z_0; \\ \partial Y - \partial Y_0 &= \kappa_x^* c_{yx} \partial X_0 + \kappa_y^* c_{yy} \partial Y_0 + \kappa_z^* c_{yz} \partial Z_0; \\ \partial Z - \partial Z_0 &= \kappa_x^* c_{zx} \partial X_0 + \kappa_y^* c_{zy} \partial Y_0 + \kappa_z^* c_{zz} \partial Z_0, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $\partial X_0, \partial Y_0, \partial Z_0$  – компоненты вариации индукции нормального геомагнитного поля  $\partial B_0$ , измеренные в базовой точке;  $\partial X, \partial Y, \partial Z$  – компоненты вариации индукции в изучаемом пункте;  $\kappa_x^*, \kappa_y^*, \kappa_z^*$  – так называемые кажущиеся магнитные восприимчивости по соответствующим осям;  $c_{xx} \div c_{zz}$  – компоненты аномального поля эллипсоида в пункте измерений, рассчитанные при единичной намагниченности, ориентированной вдоль осей, и нормированные затем на  $\mu_0$ .

Дальнейший анализ полученных и обработанных случайных данных магнитной индукции (стохастических временных рядов) можно выполнить с помощью вейвлет-преобразования. Однако для наложения представленного исходного сигнала в виде функции на физику происходящих процессов, учитывая многопараметричность задачи, следует обратиться, по мнению автора, к обобщенному энергетическому параметру. Таким образом, зная истинное значение магнитной индукции над поверхностью объекта, можно рассчитать объемную плотность магнитной энергии по формуле

$$W = \frac{B^2}{2\mu_0} \quad [\text{Дж/м}^3], \quad (2)$$

где  $B$  – значение индукции магнитного поля, Тл;  $\mu$  – магнитная проницаемость;  $\mu_0$  – магнитная постоянная, равная  $4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м.

Проведенные исследования показывают корреляцию значений индукции магнитного поля над поверхностью исследуемых образцов и твердости самой поверхности [11], что поможет в дальнейшем оценивать поля напряжений на поверхности нагруженных участков объектов бесконтактным методом. Однако для совершенствования представленного метода необходимы дальнейшие исследования.

Следует отметить, что при формировании временного ряда из наблюдаемых случайных данных выявлено их свойство самоподобия, которое характерно фрактальным структурам. Для оценки самоподобного трафика данных можно использовать показатель Херста [12].

Для решения задач технического диагностирования МК необходимо выполнить преобразование временного ряда накопленных данных с помощью специальных средств интеллектуального анализа данных, которые позволяют автома-

тически генерировать гипотезы. К средствам интеллектуального анализа данных относятся нейронные сети, фреймворки модели, генетические алгоритмы, ленымы. В данной статье выбор средств интеллектуального анализа данных подробно не рассматривается.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, выявлена тенденция развития методов технического диагностирования по фактическому состоянию, а не наработкой на отказ. Реализована попытка решения задач технического диагностирования с возможностью осуществления прогнозирования состояния МК с заданной вероятностью на предстоящий интервал времени на основе данных мониторинга значений степени усталости металла [13]. Данный метод может быть применен в техническом диагностировании корпусов кораблей и подводных лодок, валов и зубчатых колес различных приводов, конструкций, испытывающих сложное напряженное состояние, ходовых частей железнодорожных и автомобильных транспортных средств, оболочек сосудов, работающих под давлением.

**В**се страны, имеющие выход к морю, нуждаются в мощных и современных военно-морских силах, потенциал которых достаточен для выполнения поставленных задач.

В настоящее время Минобороны России и промышленности реализуют Государственную программу вооружений, рассчитанную до 2020 г. Кроме того, сейчас военные и промышленники формируют новый аналогичный план, который будет реализовываться с 2016 по 2025 г. В обеих программах особое внимание должно уделяться обновлению военно-морского флота. В интересах ВМФ России планируется провести ремонт и модернизацию ряда кораблей.

Для улучшения отдельных тактико-технических элементов (далее – ТТЭ) и эксплуатационных качеств кораблей, внедрения на них более современных видов вооружения и техники специальными решениями может предусматриваться переоборудование или модернизация кораблей, а также выполнение модернизационных работ.

Модернизация корабля предназначена для проведения комплекса работ по специально разработанному проекту, в результате выполнения которого изменяются его отдельные ТТЭ, но основное назначение остается прежним. Модернизация характеризуется заменой устаревших образцов вооружения и техники новыми, более современными.

В связи с совершенствованием микроэлектронной и микропроцессорной

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Котов В. Н., Щербинин И. П., Красильщиков М. Н., Евдокименков В. Н.* Определение путей развития современных систем и средств контроля технического состояния подвижного состава и участков пути РЖД. – Мат-лы XII Всеросс. совещания по проблемам управления ВСПУ, – М., – 2014. – с. 6846–6854.
2. ГОСТ 18353–79. Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов.
3. *Дубов А. А., Власов В. Т.* О новой классификации методов НК с позиции оценки рисков и ресурса оборудования. Диагностика оборудования и конструкций с использованием метода магнитной памяти металла // Четвертая Международ. науч.-техн. конфер: Сб. докл. – М.: Энергодиагностика. – 2007. – с. 30–31.
4. ГОСТ Р 53006–2008. Оценка ресурса потенциально опасных объектов на основе экспресс-методов.
5. *Постников С. Н.* Электрические явления при трении и резании. – Горький: Волго-Вятское кн. изд-во, 1975, с. 280.
6. *Акулов Н. С., Киренский С. В.* Магнитный метод исследования внутренних упругих напряжений в ферромагнитных материалах // Журнал техн. физики. – 1939. – Т. 9. – Вып. 13. – С. 1145–1150.
7. *Яншин И.* Журнал технической физики. – 1940. – Т. 9. – Вып. 13. – С. 786.
8. *Блох Ю. И.* Совместная интерпретация данных магниторазведки и метода неза-
9. *Федоров И. С.* Выбор типа магниточувствительного элемента для устройства определения концентрации полезного компонента в рудах черных и цветных металлов, «Автоматизация виробничих процесів». – Днепропетровск: ГВУЗ «Национальный горный университет», – 2010, – с. 55–61.
10. *Сахаров Р. А., Ватулин Я. С.* Устройство для магнитометрии. – Патент. Заяв. № 2015126439/28 от 01.07.2015. Решение о выдаче патента № 155669 от 12.08.2015 г.
11. *Сахаров Р. А.* Разработка методики оценки преддефектного состояния металлических конструкций // Изобретательство. – Т. 16. – № 2. – 2016. – С. 23–30.
12. *Петров В. В.* Структура телеграфика и алгоритм обеспечения качества обслуживания при влиянии эффекта самоподобия. – Автореф. дисс. на соискание уч. степени канд. техн. наук. – М. – 2005. – С. 20.
13. *Сахаров Р. А., Ватулин Я. С.* Решение задачи технического диагностирования ответственных узлов и деталей оборудования. – Юбилейная междунард. науч.-практ. конфер. «Транспорт России: проблемы и перспективы: Сб. ст. – В 3-х т. – СПб.: ФГБУН «Институт проблем транспорта им. Н. С. Соломенко РАН», – 2015. – Т. 3, с. 98–102. ■

## ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТОРСКИХ РЕШЕНИЙ ПО МОДЕРНИЗАЦИИ КОРАБЛЯ ВМФ С ЦЕЛЬЮ ЗАМЕНЫ РЛС НА СОВРЕМЕННЫЙ АНАЛОГ

**Т. И. Степанова**, инженер-конструктор 3-й категории ОАО «51 ЦКТИС»,  
контакт. тел. (812) 423 4162

элементной базы, появлением новых средств получения и обработки информации разрабатываются и внедряются новые устройства и системы, в том числе и в области навигационной безопасности.

В данной статье изложены обоснования и результаты проектно-конструкторской работы, связанной с заменой устаревшей навигационной радиолокационной станции (далее – НРЛС) корабля, проходящего плановый ремонт, на современную навигационную станцию.

### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В настоящее время можно выделить следующие НРЛС:

- НРЛС для ВМФ:**
- МР-212/201 – навигационная РЛС «Вайгач-У»;
  - МР-212/201–1 – навигационная РЛС «Вайгач-У-Наяда-М»;
  - МР-312 – навигационная РЛС «Наяда» для НК. Антенный пост МР-312 для ВМФ внешне похож на «Вайгач»;

- МР-231 НПО «Горизонт», комплектуется тремя видами антенн: 1,6 м (или 1,495 м) 2,5 м и 3 м;
- МР-231–1 «Пал» – комплектуется двумя видами антенн: 1,6 м, у которой волновод заходит справа, и 3 м – волновод слева;
- МР-231–2 «Лиман» – нет кожуха электродвигателя, который выступает с тыльной стороны ОПУ,  $R_{\text{обм.}} = 1,495 \text{ м}$ ;
- МР-231–3 «Вайгач» – антенна зеркальная;
- МР-231–4 «Галс» – антенна закрытого типа.

### НРЛС для гражданского флота:

- «Наяда-25М1»; «Наяда-25МЕ»; «Наяда-25М1Р»; «Наяда-34М»; «Лиман-18М1»; «Галс».

На сегодняшний день можно сказать, что НРЛС МР-231 по многим ключевым тактико-техническим характеристикам (дальность обнаружения, точность определения координат цели, разрешающая

способность и др.) превосходит отечественный прототип и не уступает зарубежному аналогу.

В связи с этим основной задачей проектно-конструкторской работы являлась разработка проекта по замене на одном из кораблей ВМФ польской постройки навигационной РЛС МР-212/201 на НРЛС МР-231.

### РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА ЗАМЕНЫ НРЛС НА СОВРЕМЕННЫЙ АНАЛОГ

Для обеспечения нормальной эксплуатации кораблей и эффективной деятельности всего ВМФ необходимо своевременное и планомерное проведение их ремонтов, переоборудование и модернизация.

Основными недостатками устаревшего оборудования являются: низкая ремонтпригодность в связи с отсутствием запчастей, простои из-за выхода из строя отдельных узлов оборудования, большие затраты времени на поиск неисправности. Для решения этих проблем наилучшим способом является установка современного оборудования в замен устаревшего.

При развитии НРЛС предусматривалось полное удовлетворение рекомендаций Международной организации по спасению человеческих жизней на море на основе применения более совершенной вычислительной техники и элементной базы при сохранении принципов базовости РЛС и модульности исполнения отдельных устройств.

Основные преимущества современных НРЛС:

- расширение функциональных возможностей;
- реализация эффективных автоматических режимов контроля обстановки;
- повышение помехозащищенности;
- повышение надежности;
- повышение информативности.

В результате проведенного анализа основных тактико-технических характеристик и требований к средствам навигации командованием ВМФ РФ определено, что в настоящее время для освещения ближней надводной обстановки наиболее подходящим средством является базовый ряд НРЛС МР-231, который соответствует требованиям ИМО, ИЕС, Российского морского регистра судоходства и требованиям военных стандартов России.

НРЛС МР-231 (в дальнейшем именуемая «станция») предназначена для обеспечения навигации и повышения безопасности катеров и кораблей ВМФ.

Установка данной НРЛС взамен МР-212/201 позволит:

- сохранить расчетную электромагнитную совместимость радиотехнических систем корабля;
- расширить функциональные возможности получения информации о навигационной обстановке;

- реализовать эффективный автоматический режим контроля обстановки;
- внедрить скрытные режимы работы РЛС и повысить ее помехозащищенность;
- повысить надежность используемой техники корабля ВМФ;
- повысить информативность получаемой информации о навигационной обстановке.

Существующий опыт использования модификаций НРЛС МР-231 на кораблях отечественной постройки (пр. 1135М, 12411, 1791Р, 20380, 1155) показал, что наиболее приемлемый вариант из всего базового ряда РЛС для данного проекта корабля является НРЛС МР-231–2 «Лиман» (рис. 1).

Станция обеспечивает:

- работу в круговом и секторном режимах;
- увеличение масштаба выбранного участка изображения с отдельной его индикацией на дополнительном поле экрана;
- ориентацию изображения: КУРС, СЕВЕР, КУРС СТАБ;
- режим стабилизации истинного движения относительно воды или грунта со смещением центра развертки в пределах 2/3 радиуса изображения;
- автообнаружение и сигнализацию о нахождении целей в охранной зоне;
- следы относительного и истинного движения целей с регулируемым временем их длительности;
- автоматическое сопровождение не менее 50 целей с индикацией параметров движения и параметров сближения с предупреждением об опасности столкновения и имитацией маневров на расхождение (средство автоматической радиолокационной прокладки);
- стабилизацию изображения и графической информации относительно воды и грунта;
- наложение электронной карты на радиолокационное изображение;
- контроль якорной стоянки;
- взаимодействие с широким перечнем сопрягаемой аппаратуры.

Программное обеспечение станции для измерения координат целей позволяет формировать:

- визиры направления и дальности;
- электронную линейку;
- координатный маркер.

На монитор (индикаторное устройство) выводятся:

- географические координаты;
- курс, скорость; – глубина под килем;
- текущее время.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проектно-конструкторской работы были определены целесообразное размещение приборов на мачтах и в помещениях, подлежащих демонтажу радио-



Рис. 1. Антенна НРЛС МР-231-2 «Лиман», разработчик – НПО «Горизонт»

локационных средств навигации, а также прохождение межприборных кабелей МР-231 по существующим кабель-трассам, подлежащих демонтажу радиолокационных средств.

Была разработана схема соединений станции с другими изделиями: «Сегмент», «Курс-10-П», «Кама-НСВ», лаг ИЭЛ-1, изделие Р-730М, «Бриз-ПЛ». Также был разработан чертеж фундамента под модуль АП на площадке главной мачты.

Помещения, предназначенные для размещения и установки приборов и модулей станции МР-231, рассчитаны на обеспечение:

- нормального освещения рабочих мест обслуживающего персонала;
- свободного доступа к лицевым панелям приборов и модулей для технического обслуживания и ремонта, а также для подключения контрольно-измерительной аппаратуры (зона обслуживания модулей не превышает 1000 м);
- зазора не менее 150 мм между приборами и модулями станции и другим корабельным оборудованием или переборками, необходимого для нормального теплообмена с окружающей средой;
- возможности открывания крышек приборов и модулей и выдвижения блоков в соответствии с указаниями габаритных чертежей модулей или в соответствии с ТУ;
- отсутствия паров кислот и других веществ, вызывающих коррозию.

Таким образом, в процессе проектно-конструкторской работы по модернизации одного из кораблей ВМФ иностранной постройки с целью замены устаревшей НРЛС на современный аналог был обоснован выбор новой радиолокационной станции и разработана конструкторская документация проекта.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Технические условия ЖИРЕ.461524.002 ТУ1;
2. Инструкция по монтажу, пуску и регулированию ЖИРЕ.461524.002 ИМ;
3. Руководство по эксплуатации ЖИРЕ.461524.002–400 РЭ;
4. Отчетная эксплуатационная документация по судну. ■

**В**ся деятельность АО «Компрессор» направлена на укрепление обороноспособности России. С момента основания завода в 1877 г. предприятие изготавливало пушечные гильзы, дистанционные трубки (взрыватели), гранаты, лафеты, чугунные и стальные снаряды, приборы снаряжения и разряжения артиллерийских патронов, гидравлические и механические прессы для переобжимки стреляных гильз различных калибров. К разработке и созданию непосредственно компрессорного оборудования для ВМФ АО «Компрессор» приступило в 20-е гг. прошлого столетия. Это направление и сегодня остается главным для предприятия, но не единственным. Используя высокий творческий потенциал, передовые технические решения ЦКБ завода первым в России разработало не только судовые компрессоры, но и установки для осушки газов, винтовые компрессоры, создало первую в России автомобильную газонаполнительную компрессорную станцию (АГНКС), компрессоры для водолазов и пожарных. Объединение поставило оборудование на первую в России ледостойкую платформу «Приразломная», первую плавучую атомную электростанцию ПЭБ-1, космодромы Байконур, Плесецк, Восточный, атомные электростанции и другие стратегически важные объекты.

Исторически так сложилось, что руководителями предприятия были выдающиеся люди. Основал завод русский изобретатель, конструктор первых систем скорострельной артиллерии В. С. Барановский, сын С. И. Барановского – изобретателя первого русского «воздухо-сжимателя» (компрессора). В дальнейшем в числе руководителей были видные политические деятели и ученые.

Сегодня практически нет ни одного отечественного надводного или подводного корабля, на котором не были бы установлены компрессоры и системы подготовки воздуха нашего производства. Ими оборудованы все атомные подводные лодки первого, второго и третьего поколений, дизель-электрические подводные лодки, в том числе



**Компрессорная станция высокого давления для надводных кораблей и подводных лодок**

## АО «КОМПРЕССОР» - ТЕРРИТОРИЯ ИННОВАЦИЙ

**Ю.Л. Кузнецов, канд. техн. наук, ген. директор ООО «Компрессор Газ»,  
контакт. тел. (812) 295 3027**

малолитражная НАПЛ пр. 677 (головной корабль – «Санкт-Петербург»), всемирно известные научно-исследовательские суда «Академик Королев» и «Космонавт Юрий Гагарин», ледоколы «Сибирь» и «Арктика», крупнейшие танкеры, суда космической связи, авианосцы и крейсера, такие как «Адмирал Горшков» и «Петр Великий», эсминцы, тральщики, корабли береговой охраны.

Создание и внедрение новых передовых образцов компрессорной техники – основная задача АО «Компрессор». Вопросы качества и высоких ресурсных показателей оборудования являются приоритетными. За время создания компрессоров, эксплуатируемых в экстремальных условиях, проведена большая научно-исследовательская работа. Изготавливаемое на предприятии оборудование обладает высокой надежностью, имеет малые габариты и низкие уровни вибрации и шума, что достигается применением специальных средств, разработанных ЦКБ объединения. Компрессоры, блоки и системы осушки и очистки воздуха имеют низкие эксплуатационные затраты, работают в радиоактивной среде, при высоких тепловых нагрузках, сохраняют работоспособность на различных режимах, определяемых параметрами состояния всасываемого газа: номинальном, горячем, наддуве, разряжении и их сочетаниях, при этом режим работы возможен как кратковременный, так и постоянный. Заданные рабочие характеристики обеспечиваются в условиях крена и дифферента. Сжимаемые среды – воздух, азот, кислород, водород, метан.

За последние годы проведена большая работа по модернизации ранее разработанного оборудования, достигнуты высокие показатели в снижении виброшумовых характеристик. Малолитражность компрессорных станций достигается за счет применения устройств уравнивания инерционных сил, специальных средств виброизоляции и виброгашения и других конструктивных решений в компрессорах с традиционной схемой – кривошипно-шатунным механизмом. Созданы и внедрены оригинальные конструкции малолитражных компрессоров с использованием оппозитной схемы. Для обеспечения требований высших виброшумовых характеристик проведен значительный объем исследований, положительные результаты которых внедрены в конструкцию.



**Газоплотный компрессор для надводных кораблей и подводных лодок**

Продолжаются работы по созданию нового компрессора для систем жизнеобеспечения кораблей, ведется поиск новых принципов снижения уровня вибрации путем создания всережимного механизма уравнивания инерционных сил, разрабатываются новые компоновочные решения для компрессорных станций, новые кинематические схемы компрессоров с пониженными требованиями к обслуживанию и повышенной надежностью и ресурсом. Для проверки и отработки принятых решений созданы уникальные стенды, полностью имитирующие условия эксплуатации оборудования на корабле. На этих стендах проводятся приемо-сдаточные и научно-исследовательские испытания.

На сегодняшний день проведена работа по замене иностранных комплектующих на отечественные, с улучшенными техническими характеристиками.

Для обеспечения надежности эксплуатации оборудования АО «Компрессор» разрабатывает специализированный диагностический комплекс для многопараметрического контроля текущего состояния изделия, записи в режиме реального времени и архивирования параметров, действий личного состава, прогнозирование ресурса, необходимости и объема технического обслуживания.

В соответствии с поручением Правительства РФ от 11.10.2008 г. №СИ-П7–6135 совместно с АО «НК «Роснефть» ведется разработки по улучшению состава компрессорного масла для компрессоров ВВД и другой техники.

Стендовые испытания опытных партий масел проводятся на испытательных стендах АО «Компрессор». В результате разработаны новые виды масла К4-16, Ксм4-20, которые готовятся к серийному выпуску.

Налажен выпуск винтовых компрессоров, применяемых для создания

рабочего воздуха на судах, общезаводских целей, в нефтехимии и других отраслях промышленности.

Для отработки навыков личного состава разработаны и изготовлены тренажеры по управлению электрокомпрессорными станциями. При проработке технического задания для создаваемого тренажера были учтены все возможные экстремальные ситуации эксплуатации станции.

В настоящее время созданы новые типы автоматизированных компрессорных станций без масла. Их появление позволяет решать следующие проблемы:

- снабжение качественным маслом заказов ВМФ;
- очистка воздуха высокого давления от масла;
- увеличение эффективности адсорбентов системы осушки сжатого воздуха;
- замасливание системы ВВД.

Для увеличения срока гарантий на подводные лодки нами повышены гарантийные обязательства до 10 лет и ресурс до 30 лет. При реализации данных показателей внесены изменения в конструкцию компрессоров и внедрены новые материалы и технологии.

Готовое оборудование соответствует требованиям Министерства обороны и ВМФ России, предъявляемым к компрессорному оборудованию, предназначенному для сжатия атмосферного воздуха и подачи его в системы ВВД судов специальной назначения, классом автоматизации А1 и А2.

Системы автоматического управления для выпускаемого на заводе оборудования разрабатываются и изготавливаются специалистами АО «Компрессор», это позволяет оперативно реагировать на изменение требований к автоматизации. Новое оборудование с применением IT технологий позволяет выводить на пульт оператора полную информацию о рабочем процессе, проводить диагностику и управлять оборудованием дистанционно через модем.

Компрессорное оборудование, выпускаемое АО «Компрессор», по сравнению с импортными аналогами имеет неоспоримые преимущества по ряду технических характеристик (габариты, вес и др.), кроме того АО «Компрессор» оказывает техническую поддержку изделиям на всем протяжении срока их эксплуатации.

Для новых проектов ВМФ созданы несколько типов компрессорных станций, компрессоров и блоков осушки и очистки воздуха, которые имеют свое назначение: для всплытия и погружения; для работы в ядерном отсеке; для запуска торпед и ракет; для системы регенерации воздуха; для проведения водолазных работ.

В настоящее время поставлены и успешно эксплуатируются первые серийные образцы новых компрессоров, компрессорных станций и блоков осушки и очистки воздуха для подводных атомных 4-го поколения «Юрий Долгорукий», «Северодвинск», и др.



**Водолазный компрессор**

С целью выполнения стратегически важных для России задач предприятие расширяет свои производственные мощности, ведет строительство четырех корпусов в промзоне «Парнас», обновляет станочный парк, внедряя современные технологии в процесс изготовления компрессоров и компрессорного оборудования. Сегодня это не просто завод, а объединение, в состав которого входят: центральное КБ, серийный завод, работающий по госзаказу и изготовлению гражданской продукции, комплекс испытательных стендов, служба сервисного и гарантийного ремонта. Отдельно выделено ООО «Компрессор Газ», работающее с нефтегазовой отраслью промышленности.

В АО «Компрессор» введена система менеджмента качества на соответствие требованиям ГОСТ ISO 9001, Стандарты СРПП ВТ, ГОСТ РВ 0015–002, оборудование проходит приемку военным представителем. Получены: лицензия Минпромторга на право разработки, изготовления и ремонта вооружения и военной техники; лицензии Росатома и Роскосмоса.

На отдельные изделия предусмотрены различные варианты исполнения: специальное и общепромышленное. Это позволяет эксплуатировать его на кораблях ВМФ России, ледокольном флоте, научно-исследовательских судах, объектах ракетно-космического комплекса, в войсках стратегического назначения, на атомных электростанциях, на компрессорных станциях, обеспечивающих транспортировку газа, в МЧС и на других объектах, где к оборудованию предъявляются повышенные требования по надежности.

Оборудование нашего производства защищено патентами, имеет решение на применение, сертификаты на соответствие таможенному союзу, на сейсмостойкость 9 баллов по шка-



**Компрессор пускового воздуха для АЭС**

ле MSK-64, одобрение Российского морского регистра судоходства, Норвежского Веритаса, Регистра Ллойда (Великобритания). Для атомных электростанций предприятие поставляет оборудование по специальным требованиям для атомной энергетики по высокому, 3-у классу качества.

При разработке нового оборудования в ходе поиска рациональных решений получены десятки патентов, что свидетельствует об огромном научном потенциале коллектива конструкторов, и, как итог, создается техника на мировом уровне. Качество и надежность продукции производства АО «Компрессор» отмечено ГК «Роскосмос».

В наземных космических ракетных комплексах космодромов Байконур, Плесецк, Восточный в числе оборудования, обеспечивающего подготовку и запуск ракет, применяются компрессоры и компрессорные станции высокого давления нашего производства. В ходе модернизации космодрома единственным поставщиком оборудования рассматривался АО «Компрессор», так как никто из конкурентов не смог предложить более надежное и современное оборудование требуемых характеристик. Для космодрома Восточный было не только поставлено готовое оборудование, но и спроектирована, а затем и запущена в работу система воздуха высокого давления для подачи осушенного и очищенного сжатого воздуха пневмопотребителям.

Сегодня наше оборудование эксплуатируется на ряде объектов ГК «Роскосмоса»:

- ФГУП Государственный космический научно-производственный центр имени М. В. Хруничева (ФГУП ГКНПЦ им. М. В. Хруничева);
- ФГУП «Центр эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры» (ЦЭНКИ);
- ФГУП «Научно-производственное объединение им. С. А. Лавочкина»
- ФГУП «Исследовательский центр им. М. В. Келдыша» (Центр Келдыша);
- ФГУП КБ ХИММАШ им. А. М. Исаева и др.

Обладая уникальным опытом в создании судовых компрессоров, мы ведем работы по созданию в соответствии

с задачами Федеральной целевой программы «Развитие гражданской морской техники» на 2009–2016 г. принципиально нового компрессорного оборудования, для комплектации судов, нефтегазодобывающих платформ и других объектов гражданской морской техники.

Построенная первая плавучая атомная станция для снабжения прибрежных районов электричеством, теплом, для опреснения морской воды и других целей также комплектуется оборудованием нашего предприятия. В рамках этого проекта разработана блок-контейнерная воздушная станция БВКС500М, сертифицированная Российским морским регистром судоходства, допущена к использованию в атомной промышленности. Сегодня АО «Компрессор» входит в число поставщиков компрессоров и компрессорных станций на проект двухсачадочного универсального ледокола мощностью 60 МВт.

АО «Компрессор» поставляет оборудование как на российские АЭС – Ленинградскую, Калининскую, Нововоронежскую, Балаковскую и др., так и на зарубежные АЭС – Куданкулам (Индия), Бушер (Иран). В настоящее время изготовлены 10 компрессоров для белорусской АЭС, планируется поставка оборудования для «Ниньхуан» (Вьетнам), «Руппур» (Бангладеш), Тянь-Ваньской АЭС (КНДР), новых энергоблоков Бушер (Иран), «Куданкулам» (Индия) и др.

Для газовых теплоэлектростанций разработано специальное оборудо-

дование, предназначенное для очистки природного газа, поступающего из газопровода.

Наше предприятие готово предложить для проектов ТЭЦ дожимные компрессорные станции требуемых параметров типа ДКУ, газораспределительные станции ГРС и другое оборудование. Блоки фильтров топливного газа (БФТГ), блоки подготовки топливного и импульсного газа (БПТГ), дожимные компрессорные установки (ДКУ), автоматизированные газораспределительные станции (АГРС), блочные воздушные компрессорные станции (БВКС 300 (900)), установки подготовки импульсного газа (УПИГ) серийно выпускается заводом и прошло проверку на компрессорных станциях газопроводных магистралей «Северный поток» и других проектах. На сегодняшний день ПАО «Газпром» заинтересовано в замене компрессоров иностранного производства на оборудование, выпускаемое нашим предприятием, так как эксплуатация импортных компрессоров на объектах оказалась неэффективной в связи с высокой стоимостью сервисных услуг.

Продление срока эксплуатации и поддержание компрессоров в рабочем состоянии осуществляет служба сервисного и гарантийного обслуживания предприятия. Она оказывает весь спектр услуг производственного характера и поставку запасных частей, а именно:

- диагностику и дефектацию оборудования;
- проведение регламентных работ и технического обслуживания (ТО);



**БВКС – блочная воздушная компрессорная станция**

- ремонт компрессорного оборудования любой сложности (текущий, средний, капитальный);
- замену устаревшего компрессорного оборудования на новое с обвязкой и пуско-наладочными работами;
- поставку ЗИП к компрессорному оборудованию.

Генеральному директору ОАО «Компрессор» Л. Г. Кузнецову вручено Свидетельство «За неоценимый вклад в подготовку и проведение первого пуска ракеты «Ангара»... с космодрома «Плесецк» в 2014 г., в 2016 г. он был приглашен на первый пуск ракеты с космодрома «Восточный».

Санкт-Петербургское предприятие «Компрессор», начало которому было положено еще в царской России, остается одним из ведущих предприятий по разработке и производству компрессорного оборудования самого широкого назначения, а с вводом новых производственных мощностей позволит исключить импорт компрессоров из-за рубежа. ■



## ВРУЧЕНИЕ Л. Г. КУЗНЕЦОВУ ОРДЕНА «АЛЕКСАНДРА НЕВСКОГО»

5 мая 2016 г. губернатор г. Санкт-Петербурга Г. С. Полтавченко по поручению Президента РФ Владимира Путина вручил орден «Александра Невского» генеральному конструктору АО «Компрессор» Л. Г. Кузнецову за вклад в обороноспособность России и, в частности, за разработку и поставку компрессорного оборудования для первого серийного атомного подводного крейсера проекта «Борей», который тоже носит имя князя Александра Невского.

За добросовестный труд Л. Г. Кузнецов неоднократно был удостоен самых высоких правительственных наград: ордена «Знак почета», «Почета», «За заслуги перед Оте-

чеством» 4-й степени, медалью «300 лет Российскому флоту». Он – лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники. Ему присвоены почетные звания: «Заслуженный машиностроитель РФ», «Почетный судостроитель».

За большой личный вклад в профсоюзное движение Л. Г. Кузнецов награжден памятным знаком «100 лет профсоюзам России».

Благодаря полной самоотдаче Л. Г. Кузнецова, активной жизненной позиции, блестящей инженерной интуиции и обширным научным знаниям, решительности в принятии смелых, нетрадиционных технических решений объединению удалось сохранить преемственность научных кадров, вырастить молодых талантливых конструкторов и руководителей.

Коллектив АО «Компрессор» поздравляет Леонида Григорьевича Кузнецова с получением этой заслуженной высокой награды и готов и дальше работать на благо Родины, создавая технику на уровне мировых стандартов.

**Б**езопасность – одно из наиболее важных свойств корабельных ядерных энергетических установок (КЯЭУ). Прилагаются значительные усилия по обеспечению этого свойства на всех стадиях жизненного цикла установок, начиная со стадии проектирования. Согласно основным требованиям к КЯЭУ принципиальная схема и размещение входящего в состав установки оборудования, включая системы управления, должны разрабатываться так, чтобы достичь прежде всего высоких показателей надежности и живучести, являющихся индикаторами уровня безопасности, а также минимально возможных массогабаритных показателей.

В настоящее время на стадии проектирования КЯЭУ выполняется значительный объем работ по техническому обоснованию безопасности, существенное место в которых занимает анализ аварийных ситуаций. Благодаря таким работам в проекты современных КЯЭУ внесены изменения, позволяющие повысить уровень безопасности. Тем не менее еще отмечаются недостаточная разработанность основных методологических принципов обоснования безопасности, ограниченная степень их внедрения в проектные работы и неполноценное использование программ для ЭВМ при выполнении необходимых для обоснования расчетов [1]. При этом проекты, не содержащие адекватных проработок, выполненных с применением методов научно-обоснованного выбора функциональной и топологической структуры систем по совокупности показателей надежности и живучести, а также с учетом ограничений, накладываемых размещением на корабле, не могут в полной мере отвечать современным требованиям.

Сегодня для обоснования проектных решений по структурно-сложным автоматизированным техническим комплексам (АТК), таким как КЯЭУ, применяются расчетные логико-вероятностные методы оценки надежности, которые по принципам, используемым для графического описания условий функционирования систем, относятся или к методам построения деревьев отказов и деревьев событий, или к методам, основанным на разработке схем функциональной целостности (СФЦ) [2]. Современные, в том числе отечественные, программные пакеты анализа надежности и безопасности, реализующие логико-вероятностные методы, предлагают развитый человеко-машинный интерфейс, что делает их удобными для использования.

Однако указанные методы имеют ряд известных недостатков. Во-первых, в них под элементами исходного представления исследуемого объекта подразумеваются не элементы АТК, такие как клапаны, насосы, электрические

## О ПРИМЕНЕНИИ МЕТОДОВ СТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА ПРИ ОБОСНОВАНИИ НАДЕЖНОСТИ, БЕЗОПАСНОСТИ И ЖИВУЧЕСТИ КОРАБЕЛЬНЫХ ЯЭУ

*Е.Н. Разуваев, вед. инженер АО «СПМБМ «Малахит»,  
П.В. Холодных, канд. техн. наук, доцент СПбПУ им. Петра Великого,  
контакт. тел. (812) 297 4214, 242 1500*

кабели, распределительные щиты, а условия – события, возникновение которых зависит от других событий. Кроме того, связи между элементами не показывают направление движения физических ресурсов (например, рабочих сред) между элементами АТК, а только задают зависимость одного события от выполнения или невыполнения других. Во-вторых, все такие методы основываются на «ручном», т. е. эвристическом, умозрительном переборе возможных вариантов комбинаций состояний элементов системы, приводящих к выполнению или невыполнению назначенной функции системы в целом. Поэтому для корректного построения как деревьев отказов и деревьев событий, так и СФЦ требуется наличие многоопытного в разработке различных систем специалиста, способного самостоятельно проанализировать все варианты причин и следствий отказов. Тем не менее для КЯЭУ, даже при условии полного понимания таким специалистом причинно-следственных связей между элементами систем, перебор всех вариантов работоспособных и неработоспособных конфигураций на практике невозможен вследствие их огромного количества.

В 2015 г. в АО «СПМБМ «Малахит» были выполнены поисковые работы по выбору и апробации метода и реализующего его программного комплекса, лишенных выше обозначенных недостатков. Главными критериями выбора были определены следующие:

– метод должен строиться на практическом инженерном подходе, т. е. использовать в качестве расчетных графов реальные структурные схемы КЯЭУ без их дополнительных трудоемких переработок в специальные деревья;

– метод должен обеспечивать учет особенностей КЯЭУ, т. е. наличие замкнутых технологических циклов и обратных связей, переключений, множества подсистем, различных видов ресурсов: энергии, вещества и информации.

Такой метод был найден и реализован в составе программного комплекса «Структурный анализ и управление надежностью, безопасностью и живучестью» (ПК «САиУ НБЖ»), разработка

которого в настоящее время ведется на кафедре «Системный анализ и управление» Санкт-Петербургского политехнического университета им. Петра Великого [3].

На рис. 1 представлен вид основного рабочего окна ПК «САиУ НБЖ», реализующего в диалоговом режиме постановку задач, просмотр полученных результатов и корректировку задач с оптимизацией решений в части структурной организации отдельных технических систем и АТК в целом.

Необходимо отметить, что при системном анализе структурно-сложных объектов центральной математической проблемой является получение логических условий сохранения работоспособности (безаварийности, безопасности) АТК. Для ее разрешения (даже при традиционных предположениях о бинарности состояний элементов) потребовалась разработка специального математического аппарата, исключающего необходимость в переборных алгоритмах, практически нереализуемых на современных ЭВМ за приемлемое время.

В ПК «САиУ НБЖ» структура АТК представляется в виде принципиальной функциональной схемы технической системы, на основе которой автоматически составляется замкнутая система логических уравнений (СЛУ). Логические уравнения – булевы функции – описывают состояние каждого элемента АТК в зависимости от переменной, соответствующей его собственной работоспособности, а также переменных элементов ближайшего окружения, обеспечивающих функционирование данного элемента необходимыми ресурсами, такими, как энергия, рабочая среда, управление. Для получения корректного решения СЛУ дополняется соотношениями или «граничными условиями», описывающими физическую реализуемость технологических процессов в АТК.

Важной особенностью алгоритмического обеспечения ПК «САиУ НБЖ» является осуществление количественных оценок системы детерминированных показателей отказоустойчивости. Система этих показателей позволяет сравнивать варианты структур АТК и

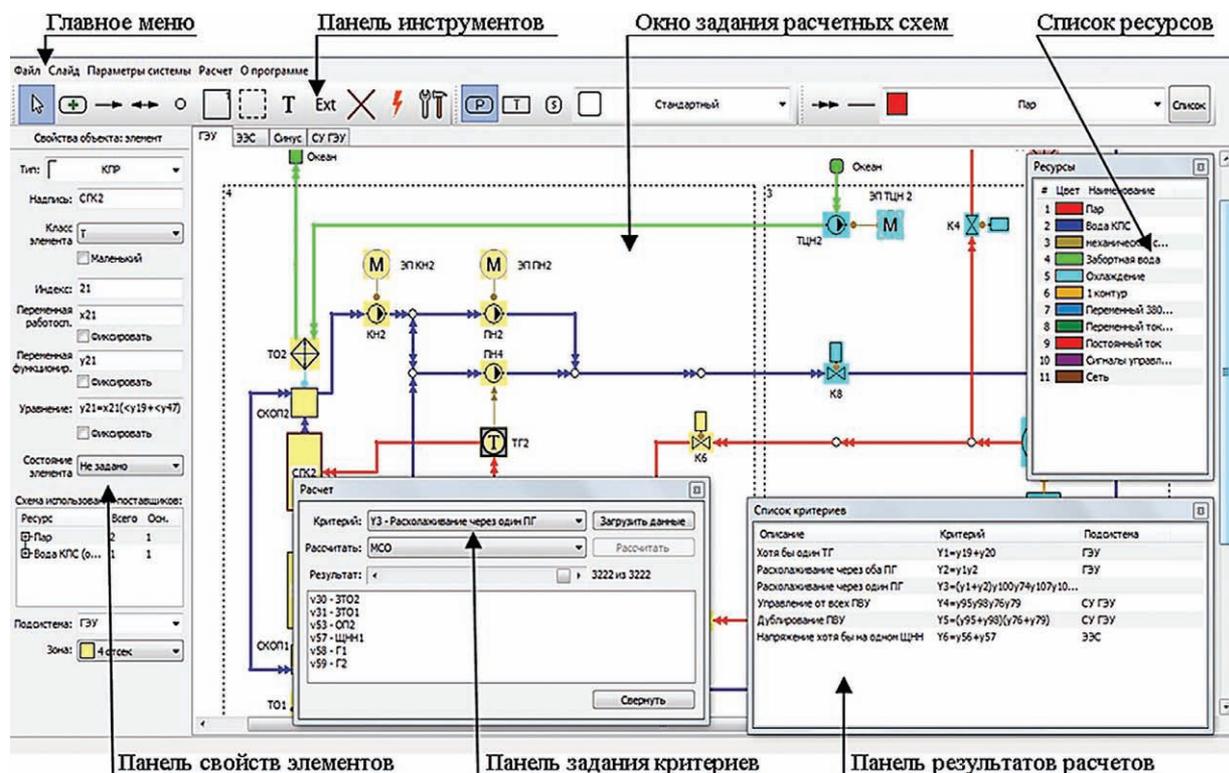


Рис. 1. Основное рабочее окно программного комплекса «САУ НБЖ»

целенаправленно вносить в них рациональные изменения в реализуемом ПК «САУ НБЖ» диалоговым режиме. Полученная информация достаточно полная и может стать основой для принятия решений по выбору окончательного варианта структуры.

В ПК «САУ НБЖ» программно реализованы алгоритмы решения задач сравнения вариантов топологических структур АТК по критериям живучести. Такие задачи решаются при «разумных» гипотезах о возможных внешних разрушающих воздействиях, в том числе пожарах, затоплениях, разгерметизации систем со средами высокой энергии. Кроме того, решаются задачи и по оптимизации количества электрических силовых и информационных линий связи, нуждающихся в специальной защите (например, в применении огнестойких материалов) при обеспечении заданного уровня живучести.

Традиционные вероятностные показатели надежности рассчитываются в ПК «САУ НБЖ» по ставшей уже классической схеме И. А. Рябинина [4]. Характеристики надежности элементов задаются в рабочем окне ПК «САУ НБЖ» выбором законов распределения наработки до отказа (экспоненциального, нормального, логнормального, Вейбулла и др.) и их параметров.

Кроме того, в ПК «САУ НБЖ» реализован алгоритм И. А. Рябинина расчета вероятностных показателей надеж-

ности системы, состоящей из элементов, имеющих два вида отказов, например, типа «обрыв» и «короткое замыкание».

Еще одним достоинством ПК «САУ НБЖ» являются содержащиеся в нем алгоритмы выработки (синтеза) решений по реконфигурации структуры АТК при задачах «борьбы за живучесть». Цель реконфигурации структуры АТК – восстановление работоспособности системы после отказов ее элементов по внутренней или внешней причине из элементов, оставшихся «в строю». Реконфигурация – принципиально новый класс задач управления, связанный с необходимостью перестройки структур пространственно распределенных многоагрегатных АТК при любых заранее непредсказуемых комбинациях отказов и повреждений. Проблема реконфигурации потребовала разработки методов выработки управляющих решений не по заранее заложенным «жестким» алгоритмам, а «в ходе борьбы за живучесть» в динамически изменяющейся ситуации.

Проведенная в АО «СПМБМ «Малахит» апробация ПК «САУ НБЖ» позволила сделать заключение о его принципиальной применимости при проектировании в процессе выработки КЯЭУ, а также о его преимуществах с учетом полноты решаемых задач структурного анализа, корректности результатов решения и удобства использования. Был сделан также вывод о том, что при-

менение представленных методов с начальных этапов разработки проектов не только обеспечит оптимальную с учетом требований нормативов и объекта размещения функционально-структурную организацию КЯЭУ, как единого АТК, но и позволит обосновать и конкретизировать требования к его составным частям.

## ЛИТЕРАТУРА

1. 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.
2. Острейковский В.А., Швыряев Ю.В. Безопасность атомных станций. Вероятностный анализ. – М.: Физматлит, 2008. – 340 с.
3. Симаков И.П., Холодных П.В. Многоцелевой программный комплекс структурного анализа и обеспечения надежности, безопасности и живучести автоматизированных технических комплексов и их управляющих систем // Моделирование и анализ безопасности и риска в сложных системах. – Тр. Международ. науч. школы МА БР – 2014 (Санкт-Петербург, 18–20 ноября, 2014 г.). – СПб.: Изд. ГОУ ВПО «СПбГУАП», – 2014.
4. Рябинин И.А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем. – СПб.: Изд-во СПбГУ, 2007. – 276 с. ■

**В** современном мире в связи с увеличивающимся влиянием деятельности человека проблема сохранения окружающей среды, в том числе и в Мировом океане, становится все более актуальной. Активное судоходство практически во всех районах океана и растущая интенсивность его загрязнения с судов и кораблей вынуждают наблюдающие организации, такие как ИМО (Международная морская организация), все более ужесточать требования к качеству сбрасываемых в океан отработанных вод. Так, Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов, впервые подписанная и принятая в 1973 г., регулярно пересматривается при непосредственном участии ИМО и созданных при ней Комитетов по защите морской среды (МЕРС).

Российская Федерация как активный член ИМО последовательно исполняет все предписания организации, устанавливая на суда и корабли оборудование, препятствующее сбросу опасных веществ в воды Мирового океана. До недавнего времени монополию на поставки подобного оборудования держали иностранные компании, но в последние годы в связи со значительным падением курса рубля, а также введением международных санкций на поставки оборудования двойного назначения в РФ, их доступность для внутреннего российского рынка резко снизилась.

В 2015 г., опираясь на государственную целевую программу (ГЦП) «Импортозамещение судового машиностроения и электронной компонентной базы» Минпромторга России ООО «Винета» в инициативном порядке за собственные средства приступило к разработке установок по очистке сточных бытовых вод и очистки нефтесодержащих (льяльных) вод. Руководством компании была поставлена задача создать установки, которые по своим характеристикам не уступали бы зарубежным и могли обеспечивать качество очистки вод и степень безопасности для окружающей среды на самом высоком уровне.

Очистка сточных и нефтесодержащих вод была выбрана как приоритетное направление в связи с наибольшей опасностью сброса неочищенных вод в океан. В результате сброса сточных вод морская среда засоряется нерастворимыми веществами, ухудшаются ее физические и химические показатели, токсичные вещества отравляют морские флору и фауну, уничтожая целые экокультуры и ареалы обитания животных. Также в связи с предстоящей разработкой Арктического шельфа (Постановление Правительства РФ № 228 «Об утверждении Положения о Государственной комиссии по вопросам развития Арктики» от 14.03.2015 г.) резко увеличится деятельность человека в этом регионе. Поэтому все оборудование, задействованное в данной работе, должно отвечать самым высоким требованиям безопасности и экологичности. Данные факторы стали определяющими при разработке новых изделий.

Установка очистки сточных вод (УОСВ) производства ООО «Винета» работает по принципу полного цикла. Для ее обслуживания не требуется добавление дополнительных химических агентов. Дезинфицирующий сточные воды агент – гипохлорит натрия вырабатывается внутри установки с помощью электролизера из поступающей морской воды. Гипохлорит натрия (NaOCl) обладает сильнейшими бактерицидными свойствами (реагирует с белками и нуклеиновыми кислотами), а также сильнейшими окислительными свойствами (реагирует с железом, марганцем, сульфидами, бромидами, цианидами, с аммонием). После обработки сточных вод гипохлоритом натрия они перестают быть опасными по своим характеристикам для

## ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ МИРОВОГО ОКЕАНА

*И.С. Суховинский, директор,  
В.Ю. Макаров, зам. директора,  
П.Ю. Петров, нач. сектора перспективного оборудования,  
А.Ф. Солдатенко, инженер-конструктор 1-й категории,  
ООО «Винета»,  
контакт. тел. +7 (921) 340 4311, +7 (911) 160 4068*

непосредственного сброса за борт. В результате загрязнения океана не происходит, а на корабле не требуется наличие дополнительной накопительной цистерны сточных вод для их хранения перед выгрузкой на берег (табл. 1).

По результатам испытаний, проходивших под надзором Российского морского регистра судоходства (РМРС), Военного представительства Министерства обороны РФ (ВПО РФ), ИМО, установка УОСВ получила Сертификат типового одобрения по форме ИМОМЕРС.227 (64) (Руководство по осуществлению стандартов стоков), подтверждающий ее соответствие всем современным международным требованиям безопасности и экологичности.

Таблица 1

Результаты испытаний УОСВ

Контролируемый параметр	Норма МЕРС.227 (64)	Результаты испытаний УОСВ
БПК <sub>5</sub> *, мг/л	Не более 25	0,56
Коли индекс на 100 мл	Не более 100	0
Остаточный хлор, мг/л	Не более 0,5	0,05
ХПК**, мг/л	Не более 125	44
pH	6–8,5	6,7

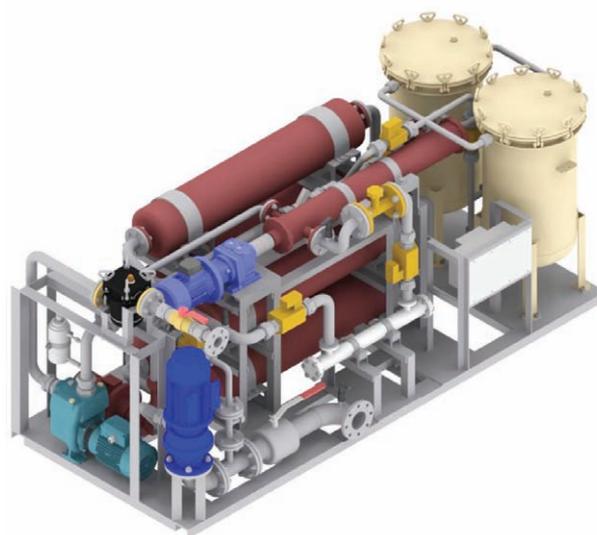


Рис. 1. Внешний вид УОСВ

\* БПК<sub>5</sub> – биологическое потребление кислорода за 5 суток – количество кислорода, израсходованное на аэробное биохимическое окисление под действием микроорганизмов и разложение нестойких органических соединений, содержащихся в исследуемой воде.

\*\* Химическое потребление кислорода (ХПК) – показатель содержания органических веществ в воде, выражается в миллиграммах кислорода (или другого окислителя в пересчете на кислород), пошедшего на окисление органических веществ, содержащихся в литре (1 дм<sup>3</sup>) воды. Один из основных показателей степени загрязнения питьевых, природных и сточных вод органическими соединениями (в основном антропогенного или техногенного характера).

Установка очистки сточных вод полностью безопасна для обслуживающего персонала – она герметична, и контакт с химическими агентами для оператора исключается. По качеству очистки сточных вод установка превосходит большинство существующих на рынке образцов продукции.

В настоящее время машиностроительным предприятием ООО «Винета» создан типоряд данных установок производительностью от 14 до 50 м<sup>3</sup> сточных вод в сутки. Главная установка предназначена для буксира постройки ПАО «Ярославский судостроительный завод», первые серийные планируется установить на флагмане ВМФ России ТАВКР «Адмирал Кузнецов».

Вторым направлением новых разработок в области водоподготовки и предотвращения загрязнения вод Мирового океана для ООО «Винета» стало создание установки очистки нефтесодержащих (ляльных) вод. Сброс нефтесодержащих вод чрезвычайно опасен для морской среды. За счет разницы плотностей при попадании в воду нефтепродукты скапливаются на ее поверхности, мешая естественному кислородному обмену, что приводит к гибели живых организмов, в акватории Мирового океана.

Для контроля за выбросом нефтесодержащих вод ИМО был утвержден Протокол МЕРС.107 (49) (пересмотренное Руководство и указания для предотвращения загрязнения водами из лял судов), регламентирующий предельно допустимую концентрацию частиц нефти в воде, равную 15 мг/л (15 ppm). Данная концентрация признана ИМО безопасной для окружающей среды.

Установка для очистки нефтесодержащих (ляльных) вод (УОНСВ), разработанная ООО «Винета», представляет собой двухступенчатую коалесцентную систему отделения трюмной (ляльной) воды от нефтепродуктов.



Рис. 2. Внешний вид УОНСВ

На первой ступени сепарации используется высокопроизводительный коалесцентный блок для удаления основной части свободных нефтесодержащих включений и для отделения твердых частиц. На второй ступени происходит фильтрация для удаления оставшихся и эмульгированных частиц нефтепродуктов.

В корпусе коалесцентной очистки твердые включения оседают на дне отстойника, а свободные капельки нефте-

продуктов задерживаются на коалесцентных пластинах. Свободные нефтепродукты выделяются из потока из-за разности в плотности при низкой скорости потока внутри сепаратора. Трассировка потока в коалесцентном блоке максимально увеличивает степень контакта с элементами разделения сред пластин блока, что улучшает прилипание капель нефтепродуктов. Собранные в нефтесборнике нефтепродукты сливаются во время цикла сброса нефтепродуктов в специальную корабельную емкость, предназначенную для хранения взрывоопасных веществ.

После коалесцентного блока предварительно очищенная от примесей нефтепродуктов вода попадает в блок доочистки, который состоит из блока фильтров различной конструкции.

Фильтроэлементы захватывают оставшиеся частицы нефтепродуктов. Эти частицы вымываются с потоком жидкости, скапливаясь на поверхности фильтроэлементов, и всплывают в нефтесборнике, предусмотренном для каждого фильтра блока доочистки. По мере накопления нефтепродукты сливаются во время цикла сброса нефтепродуктов корабельную емкость сбора нефтепродуктов.

Испытания установки, проходившие под наблюдением РМРС, ВП МО РФ, ИМО, показали, что степень освобождения воды от нефтепродуктов в УОНСВ значительно превосходит предписанные ИМО МЕРС.107 (49).

Результаты испытаний показали, что качество очистки в УОНСВ значительно выше предписанных ИМО МЕРС.107 (49). Установка получила сертификат типового одобрения и может устанавливаться на кораблях и судах государств, поднадзорных ИМО.

Таблица 2

Результаты испытаний УОНСВ

Испытательная жидкость	Норма МЕРС.107 (49)	Результат испытаний УОНСВ
Дизельное топливо		0,5 мг/л
Мазут флотский		2,37 мг/л
Смесь ПАВ, мазута и дизельного топлива	15 мг/л	1,6 мг/л

Дополнительно необходимо отметить, что более 80% комплектующих установок очистки бытовых сточных вод и нефтесодержащих вод произведены в Российской Федерации. В рамках выполнения этих проектов была налажена кооперация, в том числе и с малыми предприятиями. Так, электролизная установка для УОСВ создана специально по заказу ООО «Винета» нашими партнерами из Тамбова, а фильтры доочистки УОНСВ – партнерами из Санкт-Петербурга.

Выполненные и реализуемые сейчас ООО «Винета» проекты доказывают что, несмотря на бытующее мнение о плачевном состоянии российской промышленности, создание новейших образцов техники, часто превосходящей конкурентов по ключевым характеристикам, это не миф, а реальность, задачу можно решить, вкладывая финансовые средства и идеи в российскую промышленность, а не в покупку образцов импортной техники, пытаясь сэкономить на обслуживании или качестве поставляемых компонентов.

Выполняемые ООО «Винета» и другими отечественными предприятиями заказы в рамках программы импортозамещения сейчас являются основным заделом для создания конкурентоспособного и перспективного оборудования уже в ближайшем будущем. ■

**АО** «Новая ЭРА» – универсальное производственное предприятие полного цикла, предоставляющее заказчику комплекс услуг в области электроснабжения и автоматизации. Компания разрабатывает и производит, в том числе по индивидуальным заказам, электрооборудование низкого и среднего напряжения, автоматизированные системы управления для энергосистем и систем автоматизации кораблей, судов, предприятий промышленности и атомной энергетики.

Постоянное повышение требований к технической документации и необходимость расширения линейки однотипной электротехнической продукции заказчиками заставляет искать новые решения повышения эффективности собственных конструкторских разработок. В начале 2015 г. АО «Новая ЭРА» в рамках стратегии развития предприятия поставило перед собой цель повышения качества конструкторских разработок путем перехода от простого трехмерного моделирования выпускаемых изделий к параметрическому моделированию. При разработке типовых корпусов для электротехнического оборудования конструкторы регулярно сталкиваются с рутинной, отнимающей немало времени и внимания, задачей выпуска конструкторской документации на заказываемую продукцию при изменении габаритных размеров, добавлением (изменением) элементов конструкции. Так, для подготовки чертежей конструкции типовых корпусов под измененные габариты и внесенные (убранные) элементы конструкции по требованию заказчиков (выпуск документации нового исполнения) затрачивалось от 5 до 25 часов трудоемкости конструктора.

В связи с этим одним из перспективных направлений проектирования типовых корпусов электротехнического оборудования стало повышение эффективности работы конструкторов за счет параметрического моделирования. Параметрическая модель типовой конструкции дает возможность существенно снизить время, необходимое конструктору на внесение изменений по новым требованиям исходных данных от заказчика.

Параметрическое моделирование – моделирование с использованием параметров элементов модели и совокупности связей между этими параметрами. Конструктор при параметрическом моделировании создает математическую модель объектов с параметрами, изменения которых приводят к изменению конфигурации детали, взаимным перемещением деталей в сборках и т.п.

## ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТИПОВЫХ КОРПУСОВ С ПОМОЩЬЮ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ ILOGIC

*А.И. Сванидзе, инженер-конструктор 2-й категории АО «Новая Эра»,  
контакт. тел. (812) 610 0258*

Для параметризации на предприятии АО «Новая ЭРА» используется Autodesk iLogic – язык программирования, встроенный в программный продукт Autodesk Inventor, с помощью которого задание исходных параметров можно сделать наглядным и удобным в виде интерактивного меню. Инструмент iLogic предоставляет пользователям, не имеющим особых навыков программирования, возможность создавать модели изделий, которые будут функционировать по заданным правилам, описывающим поведение модели в различных конфигурациях.

В качестве примера использования инструмента iLogic приведена параметрическая модель корпуса навесного КН производства АО «Новая ЭРА», представленного на рис. 1. Для создания

данной модели потребовалось решить несколько задач:

- собрать все параметры деталей, входящих в сборку корпуса в едином месте, параметры заносятся в таблицу параметров сборки верхнего уровня (рис. 2), для облегчения дальнейшей работы параметрам присваиваются удобные для восприятия уникальные имена;
- выделить базовые параметры сборки, при изменении которых будет происходить обновление параметров входящих в сборку деталей, данные параметры добавляются в созданную посредством инструмента iLogic форму (рис. 3);
- описать при помощи редактора правил iLogic связи между вышеуказанными параметрами (рис. 4);

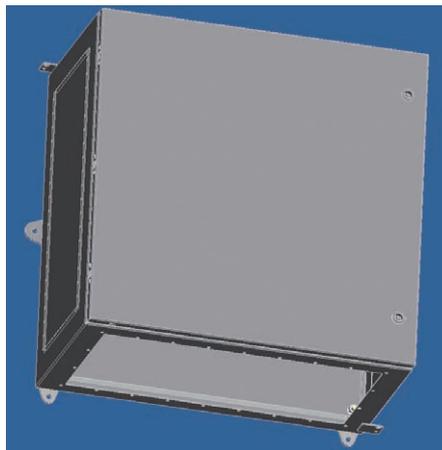


Рис. 1. Вид корпуса навесного КН-2 в параметрической модели

Имя параметра	Единица/тип	Формула	Примечание
d379	град	0.0 град	
<b>Пользовательские</b>			
Пtrigger0	бр	5 бр	
длина	мм	700 мм	
ширина	мм	700 мм	
высота	мм	400 мм	
И_стенк_л	мм	595 мм	ширина выреза планки ввода
Е_стенк_л	мм	295 мм	высота выреза планки ввода
отключить_рифты	бр	1 бр	

Рис. 2. Таблица параметров модели корпуса навесного КН-2

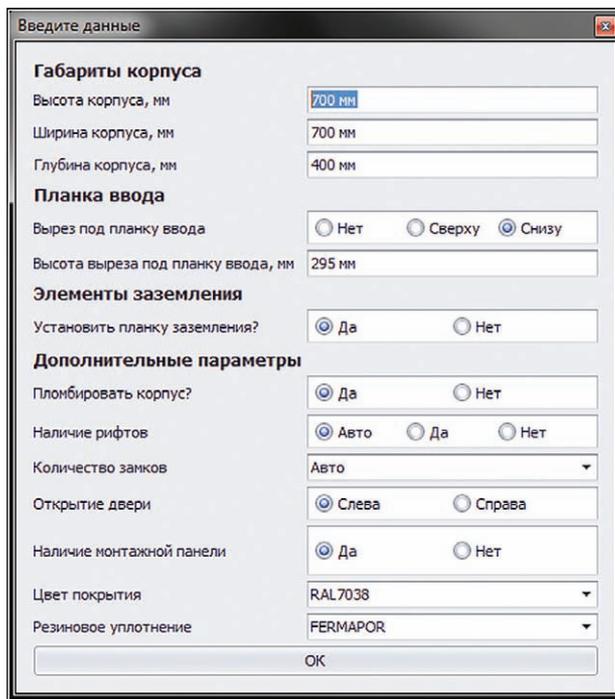


Рис. 3. Базовые параметры модели корпуса навесного КН-2с

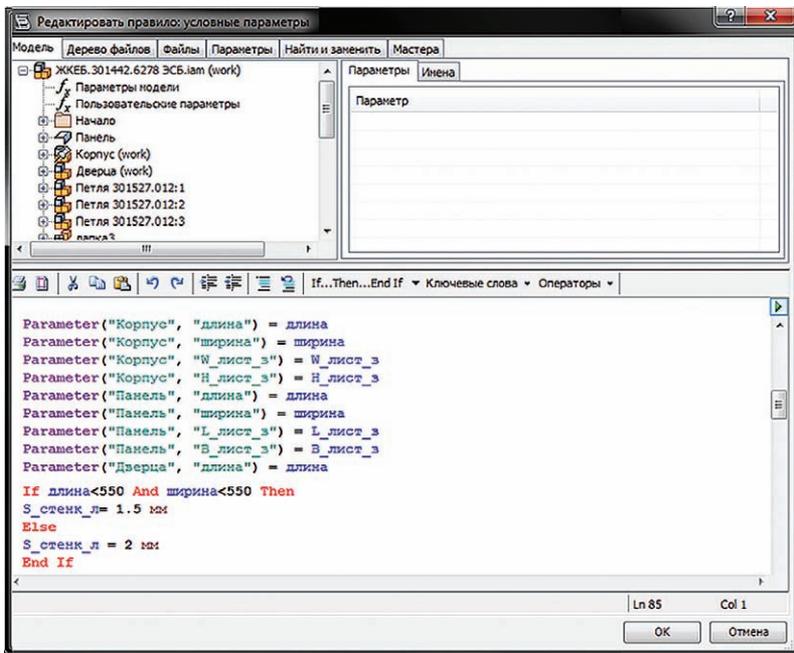


Рис. 4. Редактор правил iLogic

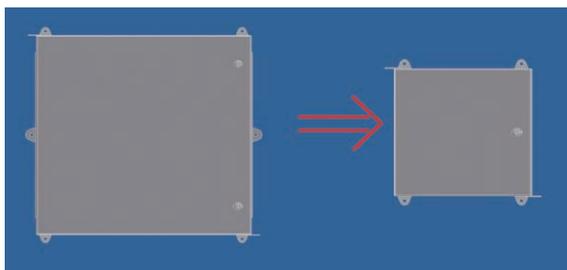


Рис. 5. Регенерация модели корпуса навесного КН-2

– установить необходимые ограничения по минимальным (максимальным) габаритным размерам и шага их изменения;

– централизованно обновлять всю сборку и детали сборки, при нажатии кнопки «ОК» в созданной форме управления моделью (рис. 3) проис-

ходит выполнение смоделированных правил iLogic, базовые параметры передаются во входящие в сборку детали, и начинается регенерация модели сборки (рис. 5);

– обеспечить обратную связь чертежа и всей сборки, благодаря ассоциативной связи модели и чертежа в программном продукте Autodesk Inventor, происходит автоматическое обновление чертежных видов сборки и входящих деталей (рис. 6).

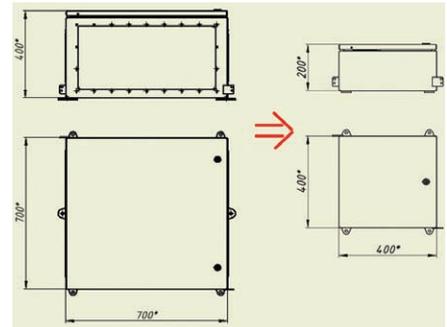


Рис. 6. Обновление чертежных видов корпуса навесного КН-2

Решение данных задач существенно ускоряет процесс создания и регистрации в электронном архиве предприятия конструкторской документации, а также снижает риск ошибки iLogic, как инструмент, ориентированный на конструкторов обеспечивает:

- быстрое создание системы управления моделью сборки без программирования обработки событий Inventor;
- доступ к оконному интерфейсу, в окнах можно быстро создавать программы для изменения параметров модели и создать кнопки запуска правил iLogic;
- легкость в освоении специалистами, не умеющими программировать, простой интерфейс, названия функций интуитивно понятны.

Таким образом, имея параметрическую модель различных корпусов, при изменении требований заказчика конструкторская документация нового исполнения выпускается за 15 – 30 минут. Затраты на разработку параметрической модели составляют 60 – 80 часов трудоемкости конструктора, то есть после разработки 3 – 4 исполнений новых корпусов происходит сокращение трудозатрат на разработку нового исполнения в 30 раз. На данный момент времени на предприятии АО «Новая ЭРА» количество исполнений корпусов КН (корпус навесной), КНЛ (корпус навесной легкой), КС (корпус сварной) каждого типа превосходит 120 – 150. ■

Авторулевой – это устройство для управления судном или другим надводным транспортным средством без постоянного вмешательства человека. Первые авторулевые могли только поддерживать постоянный курс. Современные авторулевые могут дополнительно выполнять поворот с заданной угловой скоростью или с заданным радиусом, ведение по маршруту, заданному путевыми точками, после преодоления экстренной ситуации в ручном режиме автоматически возвращать судно на заданный курс (функция Reset в авторулевом NAVpilot-500/511).

В современных авторулевых при автоматическом ведении по маршруту задающим сигналом является исполнительная траектория, состоящая из отрезков прямых и дуг окружностей, сопрягающих соседние прямые отрезки. Назовем такую исполнительную траекторию *линейно-дуговой*. Элементарные отрезки, составляющие исполнительную траекторию, будем называть *путевыми примитивами*. Использование линейно-дуговой исполнительной траектории в современных авторулевых обусловлено тем, что они построены на основе теории линейных систем управления, и их законы управления обеспечивают или стабилизацию курса или стабилизацию угловой скорости поворота судна. Применение линейно-дуговой исполнительной траектории имеет несколько недостатков: необходимо рассчитывать по приближенной формуле упреждающую точку начала перекладки руля; происходит обратное смещение судна при переходе с прямой на дугу окружности.

### **ПРЕИМУЩЕСТВА ФИЗИЧЕСКИ РЕАЛИЗУЕМЫХ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ТРАЕКТОРИЙ**

В настоящее время повышаются требования к точности движения судов по исполнительным траекториям в связи с повышением интенсивности движения на открытых водных путях и в узкостях, развитием судоходства в полярных областях. При этом для сохранения на приемлемом уровне безопасности движения необходимо ограничивать участие человека в управлении движением судна за счет увеличения количества операций, выполняемых автоматически.

Линейно-дуговая исполнительная траектория имеет разрывы кривизны в точках касания дуг и прямых отрезков, что делает такую траекторию физически нереализуемой и в принципе не может обеспечить движение судна по ней без бокового смещения. Для исследования доступной точности перемещения тела по заданной траектории используют по-

## **ПРИНЦИПИАЛЬНО НОВЫЙ КЛАСС АВТОРУЛЕВЫХ ДЛЯ НАДВОДНЫХ СУДОВ**

*В.В. Ханьчев, канд. техн. наук, ген. директор,  
Г.М. Довгоброд, канд. техн. наук, вед. науч. сотрудник,  
Д.А. Коновалов, канд. техн. наук, зам. начальника отдела,  
АО «ЦНИИ «Курс»,  
контакт. тел. (495) 365 9292*

нятие *геометрической гладкости*. Физически реализуемая исполнительная траектория должна иметь геометрическую гладкость порядка 3 (обозначается  $G^3$ ) [1], т. е. траектория должна иметь в каждой точке касательный вектор, непрерывные кривизну и производную кривизны по длине кривой. Линейно-дуговая исполнительная траектория имеет гладкость  $G^1$ . Учитывая, что постоянная времени судна значительно больше постоянной времени привода руля, с практической точки зрения для исполнительных траекторий достаточно применять кривые с гладкостью  $G^2$ , т. е. с непрерывной кривизной [1].

В [1] предлагается исполнительные траектории составлять из отрезков прямых и  $\eta^2$ -сплайнов (симметричных отрезков кривых, задаваемых полиномами 5-й степени). Такие исполнительные траектории будем называть *линейно-сплайновыми*. Для осуществления точного управления движением по линейно-сплайновой траектории закон управления должен строиться с учетом математического описания путевых примитивов, и поэтому он становится нелинейным. Дополнительно повысить точность движения судна по исполнительной траектории может использование более точных нелинейных моделей движения судна. Например, моделей, учитывающих  $s$ -образность диаграммы управляемости судна.

Следовательно, применение теории нелинейных систем управления при конструировании авторулевых становится необходимым для повышения точности движения судна по исполнительной траектории. В прошлом веке применение методов теории нелинейных систем управления было ограничено из-за слабого развития теории этих систем и необходимости выполнения значительного объема вычислений.

### **ДОСТИЖЕНИЯ ТЕОРИИ НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 20 ЛЕТ**

В последнее десятилетие XX в. появились новые математические методы для анализа и синтеза нелинейных систем управления. Была разработана всеобъемлющая геометрическая теория

управления нелинейными системами [2]. Параллельно были разработаны методы синтеза стационарных и адаптивных законов управления на основе функций Ляпунова [3]. В рамках этих двух направлений появились два новых метода синтеза законов управления для нелинейных систем: линеаризация с помощью обратной связи (transverse feedback linearization), или метод согласованного управления [4], и метод попятного синтеза (backstepping) [5, 6].

Оба эти метода позволяют построить нелинейные законы управления, которые теоретически могут обеспечить абсолютно точное движение судна по исполнительной траектории при условии согласования формы исполнительной траектории с математической моделью движения судна.

Параллельно с указанными аналитическими достижениями произошел грандиозный рост вычислительной мощности доступной в области моделирования и визуализации нелинейных систем, а также для реализации в реальном времени изолированных нелинейных законов управления.

Этот технологический рост поддержал развитие теории нелинейных систем. В настоящее время за счет использования достижений теории и возможностей современных компьютеров открывается путь для широкого применения возможностей теории нелинейных систем в практике управления движением судна.

В АО «ЦНИИ «Курс» с начала текущего века выполняются разработки судовых систем автоматического и автоматизированного управления движением, использующих положения теорий линейных и нелинейных систем. Нами были разработаны теоретические положения, позволяющие разрабатывать законы управления движением судна по линейно-сплайновым исполнительным траекториям с учетом нелинейной модели движения судна [1, 7, 8]. Теоретические положения были реализованы в действующем макете системы управления движением безэкипажного надводного транспортного средства. Стендовые испытания подтвердили теоретические положения.

## ПРИНЦИПЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ НОВОГО КЛАССА АВТОРУЛЕВЫХ ДЛЯ НАДВОДНЫХ СУДОВ

Использование физически реализуемых исполнительных траекторий и нелинейных моделей движения объектов управления позволяют реализовать следующие принципы функционирования нового класса авторулевых для надводных судов:

1. Точное движение по физически реализуемой исполнительной траектории без расчета упреждающей точки начала перекладки руля с одного элементарного отрезка на следующий.

2. Формирование физически реализуемой исполнительной траектории, обеспечивающей при точном движении по ней запас по величине сигнала управления для парирования возмущающих воздействий.

3. Использование оперативных макрокоманд маневрирования, которые формируются в реальном масштабе времени и немедленно выполняются.

4. Возможность учитывать особенности и водоизмещающих судов и судов с динамическими принципами поддержания, используя нелинейные модели движения объекта в законе управления.

Естественно, новый класс авторулевых наследует такие свойства современных авторулевых, как самонастраиваемость и адаптация к условиям окружающей среды.

Макрокоманда маневрирования выполняет автоматическое управление движением судна по исполнительной траектории, решающей задачу данной макрокоманды. Примеры макрокоманд маневрирования:

- изменение курса на заданный угол в диапазоне от  $-180^\circ$  до  $+180^\circ$ ,
- переход на параллельный курс,
- возврат на заданную прямую траекторию,
- переход на новую прямую траекторию, расположенную произвольно,
- обход стационарного препятствия.

Подробнее проиллюстрируем реализуемость принципов функционирования, закладываемых в новый класс авторулевых, результатами математического моделирования (все заданные исполнительные траектории являются линейно-сплайновыми).

## ПРОВЕРКА РЕАЛИЗУЕМОСТИ ПРИНЦИПОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ НОВОГО КЛАССА АВТОРУЛЕВЫХ СРЕДСТВАМИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Реализуемость первого принципа функционирования иллюстрируется моделированием работы системы ав-

томатического управления движением (САУД) судна при обследовании района на акватории параллельными галсами (рис. 1). САУД обеспечивает переход из базы в район обследования, прохождение галсов и переход из района обследования в базу. Модель движения судна учитывает s-образность диаграммы управляемости:

$$d\omega / dt = b\delta + \theta_1\omega + \theta_2|\omega|\omega, \quad (1)$$

где  $\omega$  – угловая скорость;  $t$  – время;  $\delta$  – сигнал управления;  $b$ ,  $\theta_1$  и  $\theta_2$  – коэффициенты модели движения.

По результатам моделирования среднеквадратическое отклонение траектории судна от исполнительной равно  $0,395$  м [9].

Реализуемость принципов функционирования второго и третьего иллюстрируется моделированием работы САУД судна при выполнении макрокоманды перехода на новую прямую траекторию. Макрокоманда выполняет изменение курса на  $180^\circ$  и возврат на исходную прямую траекторию. На рис. 2 показаны две траектории ABCD и AB1C1D1 перевода скоростного судна на обратный курс. Каждая из траекторий составлена из трех сплайнов. Граничные точки сплайнов помечены жирными точками. Эти траектории использовались как исполнительные при моделировании перехода судна на обратный курс при условии, что абсолютная величина скорости  $U=100$  км/ч. Использовалась модель движения (1).

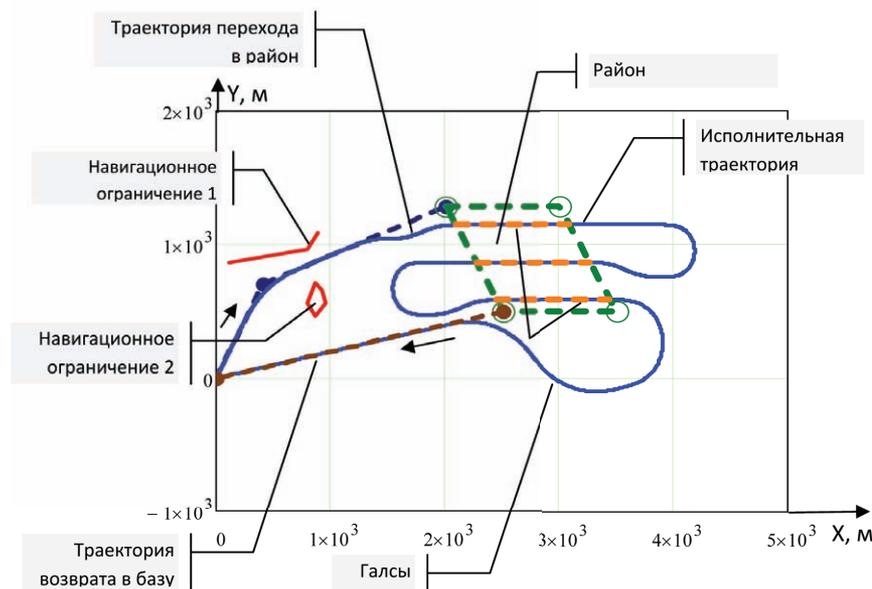


Рис. 1. Траектория движения судна, полученная в результате моделирования, практически совпадает с линейно-сплайновой исполнительной траекторией

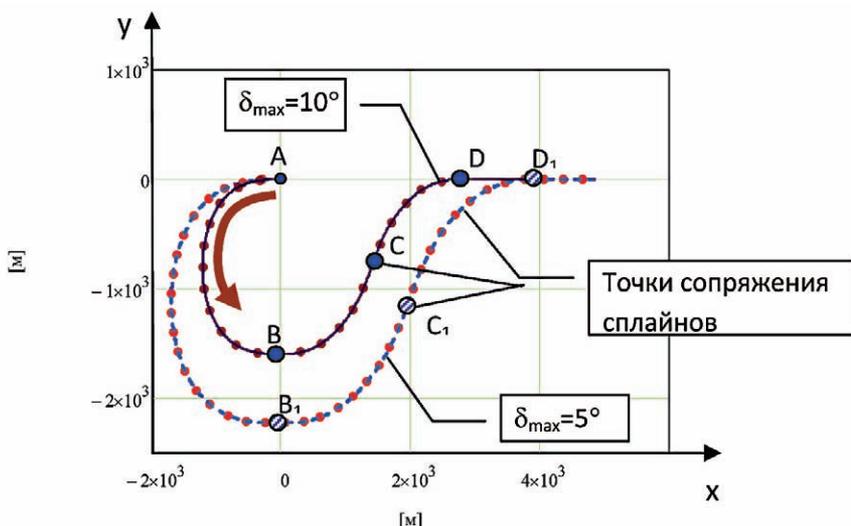


Рис. 2. Две исполнительные траектории перевода судна на обратный курс построенные в реальном масштабе времени с учетом ограничения на абсолютную величину угла перекладки руля

- – исполнительная траектория для  $\Delta_{max}=5$  град;
- — — — — траектория движения судна  $\Delta_{max}=5$  град;
- – исполнительная траектория для  $\Delta_{max}=10$  град;
- — — — — траектория движения судна  $\Delta_{max}=10$  град

Моделирование процесса автоматического управления движением судна по исполнительным траекториям ABCD и AB1C1D1 [1] показало, что при постоянной времени привода исполнительного механизма, равной 1,2 с, абсолютная величина сигнала управления не превышает заданное максимальное значение  $10^\circ$  и  $5^\circ$  соответственно, боковое отклонение не превышает 1 м [1].

Реализуемость адаптации к условиям окружающей среды в авторулевых, построенных на новых принципах, иллюстрируется моделированием работы САУД судна при прохождении судном мелководного участка [4]. В вычислительных экспериментах автоматическое управление движением судна осуществляется по заданной траектории в форме полуокружности радиусом 2000 м. Были проведены два вычислительных эксперимента по автоматическому управлению движением судна с использованием адаптации коэффициентов и без адаптации. На рис. 3 приведены диаграммы управляемости судна на мелководье и на глубине.



Рис. 3. Диаграммы управляемости модели движения судна

Рис. 4 показывает, что при адаптации максимальное боковое отклонение центра масс судна от заданной траектории уменьшается в два раза и имеет тенденцию к снижению при движении по мелководью [7].

Возможность применения метода согласованного управления для синтеза законов управления движением по линейно-сплайновым исполнительным траекториям была проверена в работе [8]. В алгоритмах управления, построенных по методу согласованного управления заданная траектория является притягивающим множеством. Поэтому в процессе

управления нет необходимости отслеживать расстояние от базовой точки на судне до виртуальной точки на исполнительной траектории, как это необходимо делать в алгоритмах управления построенных по методу попятного синтеза.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Принципиально новый класс авторулевых для надводных судов, основанный на последних достижениях науки и техники, позволяет повысить точность движения судна, сократить проходимый путь. Формирование исполнительной траектории в реальном масштабе времени и немедленное выполнение маневра повышает безопасность судоходства. Возможность формирования исполнительной траектории законченной миссии и осуществление автоматического или автоматизированного движения по ней

снижает влияние человеческого фактора на результат.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Довгоброд Г. М. Формирование гладкой исполнительной траектории в реальном масштабе времени // Гироскопия и навигация. – 2015. – Т. 88. – № 1. – С. 109–120.
2. Ким Д. П. Теория автоматического управления. – Т. 2: Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы: Учеб. пособие. – М.: Физматлит. – 2004. – 464 с.
3. Krstic M., Kanellakopoulos I., Kokotovic P. Nonlinear and adaptive control design. – New York: John Wiley & Sons, inc. – 1995.
4. Мирошник И. В. Теория автоматического управления. Нелинейные и оптимальные системы. – СПб.: Питер. – 2006.
5. Мирошник И. В., Никифоров В. О., Фрадков А. А. Нелинейное и адаптивное управление сложными динамическими системами. – СПб.: Наука, 2000. – 549 с.
6. Morten Breivik, Thor I. Fossen. Path Following for Marine Surface Vessels. – Proceedings of the OTO'04, Kobe, Japan.
7. Довгоброд Г. М. Разработка адаптивного алгоритма управления движением судна по криволинейной траектории с помощью метода попятного синтеза управления // Гироскопия и навигация. – 2011. – № 4.
8. Довгоброд Г. М. Формирование заданной траектории повышенной гладкости для применения метода согласованного управления // Гироскопия и навигация. – 2016. – № 3 (94).
9. Пояснительная записка. Эскизный проект. Малогабаритная цифровая автоматизированная система управления движением безэкипажными надводными транспортными средствами малого и среднего водоизмещения. (643. ЕАИБ.649160.043 ПЗ-ЭП), 2014. ■

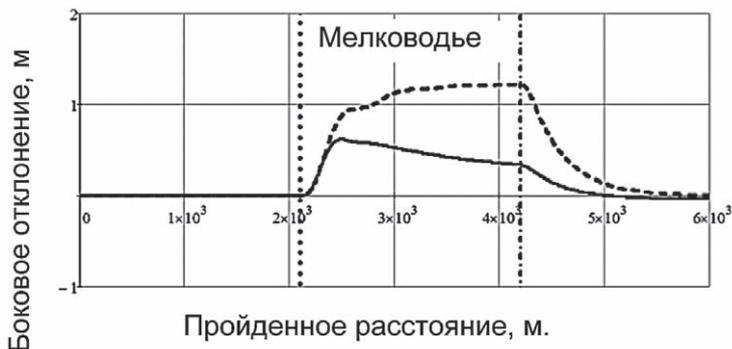


Рис. 4. Зависимость бокового отклонения центра масс судна от пройденного расстояния

— с адаптацией; - - - - без адаптации;  
..... – границы мелководья

# МАРКОВСКАЯ МОДЕЛЬ ФЛЮКТУАЦИЙ АМПЛИТУД И ДЛИТЕЛЬНОСТЕЙ ЭХО-СИГНАЛОВ КРУПНЫХ НАДВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Ю.Ф. Подоплёкин, *д-р техн. наук, проф.,  
первый зам. ген. директора по науке АО «Концерн «Гранит-Электрон»,  
В.И. Исаков, канд. техн. наук, доцент ГУАП,  
Д.А. Шенета, канд. техн. наук, доцент ИФ ГУАП,  
контакт. тел. (812) 271 6774, +7 (911) 960 1153, +7 (921) 419 5404*

В [1] подробно рассмотрена многомерная статистическая модель флюктуаций амплитуд  $\mathbf{A}_N = (A_1, A_2, \dots, A_N)$  и длительностей  $\boldsymbol{\tau}_N = (\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_N)$  эхосигналов крупных надводных объектов, представляющая собой совместную многомерную плотность распределения  $f(\mathbf{A}_N, \boldsymbol{\tau}_N)$ ,  $N = 1, 2, \dots$ . В качестве  $f(\mathbf{A}_N, \boldsymbol{\tau}_N)$  принята многомерная логарифмически-нормальная плотность распределения

$$f_{2N}(\mathbf{A}_N, \boldsymbol{\tau}_N) = \frac{1}{(2\pi)^N \sqrt{D_{2N}} \prod_{i=1}^N A_i \sigma_{A_i} \tau_i \sigma_{\tau_i}} \times \exp \left\{ -\frac{1}{2D_{2N}} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \frac{D_{ij}}{\sigma_{A_i} \sigma_{A_j}} \ln \frac{A_i}{\bar{A}_i} \ln \frac{A_j}{\bar{A}_j} + \frac{D_{i,N+j}}{\sigma_{A_i} \sigma_{\tau_j}} \ln \frac{A_i}{\bar{A}_i} \ln \frac{\tau_j}{\bar{\tau}_j} + \frac{D_{N+i,j}}{\sigma_{\tau_i} \sigma_{A_j}} \ln \frac{\tau_i}{\bar{\tau}_i} \ln \frac{A_j}{\bar{A}_j} + \frac{D_{N+i,N+j}}{\sigma_{\tau_i} \sigma_{\tau_j}} \ln \frac{\tau_i}{\bar{\tau}_i} \ln \frac{\tau_j}{\bar{\tau}_j} \right\}, \quad (1)$$

где  $\bar{A}_i$  и  $\sigma_{A_i}$  – параметры распределения, связанные со средним значением амплитуды  $\bar{A}_i$  и дисперсией  $\bar{D}_{A_i}$  выражениями [2]

$$\bar{A}_i = \frac{\bar{A}_i}{\sqrt{1+K_{A_i}^2}}, \quad \sigma_{A_i} = \sqrt{\ln(1+K_{A_i}^2)}, \quad (2)$$

где  $K_{A_i}$  – коэффициент вариации амплитуды, равный  $K_{A_i} = \frac{\sqrt{D_{A_i}}}{\bar{A}_i}$ .

Аналогичные выражения справедливы и для параметров распределения длительностей [3]

$$\bar{\tau}_i = \frac{\bar{\tau}_i}{\sqrt{1+K_{\tau_i}^2}}, \quad \sigma_{\tau_i} = \sqrt{\ln(1+K_{\tau_i}^2)}, \quad (3)$$

где  $K_{\tau_i}$  – коэффициент вариации длительности  $i$ -го импульса.

Определитель  $D_{2N}$  является определителем четырехблочной квадратной матрицы  $\mathbf{D}_{2N}$  размером  $(2N \times 2N)$ :

$$\mathbf{D}_{2N} = \begin{bmatrix} \mathbf{D}_N^{(A)} & \mathbf{D}_N^{(A,\tau)} \\ \mathbf{D}_N^{(\tau,A)} & \mathbf{D}_N^{(\tau)} \end{bmatrix}, \quad (4)$$

элементы блочных матриц  $\mathbf{D}_N^{(A)}$ ,  $\mathbf{D}_N^{(\tau)}$ ,  $\mathbf{D}_N^{(A,\tau)}$ ,  $\mathbf{D}_N^{(\tau,A)}$  представляют собой коэффициенты корреляции логарифмов амплитуд  $r_{A_i, j}$ , логарифмов длительностей  $r_{\tau_i, j}$ , логарифмов амплитуд и логарифмов длительностей  $r_{A_i, \tau_j}$ , логарифмов длительностей и логарифмов амплитуд  $r_{\tau_i, A_j}$ ,  $i, j = 1, 2, \dots, N$ , соответственно, а  $D_{i,m}$  – алгебраические дополнения соответствующих элементов определителя  $D_{2N}$ . Векторы  $\bar{\mathbf{A}}_N = (\bar{A}_1, \bar{A}_2, \dots, \bar{A}_N)$ ,  $\bar{\boldsymbol{\tau}}_N = (\bar{\tau}_1, \bar{\tau}_2, \dots, \bar{\tau}_N)$ ,  $\boldsymbol{\sigma}_{A,N} = (\sigma_{A_1}, \sigma_{A_2}, \dots, \sigma_{A_N})$  и  $\boldsymbol{\sigma}_{\tau,N} = (\sigma_{\tau_1}, \sigma_{\tau_2}, \dots, \sigma_{\tau_N})$  являются векторами средних значений логарифмов амплитуд, средних значений логарифмов длительностей, среднеквадратических отклонений логарифмов амплитуд и среднеквадратических отклонений логарифмов длительностей, соответственно. Определитель  $D_{2N}$  записывается в виде

$$D_{2N} = \det \mathbf{D}_{2N} = \det \begin{pmatrix} \mathbf{D}_N^{(A)} & \mathbf{D}_N^{(A,\tau)} \\ \mathbf{D}_N^{(\tau,A)} & \mathbf{D}_N^{(\tau)} \end{pmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & r_{A_1 A_2} & \dots & r_{A_1 A_N} & r_{A_1 \tau_1} & r_{A_1 \tau_2} & \dots & r_{A_1 \tau_N} \\ r_{A_2 A_1} & 1 & \dots & r_{A_2 A_N} & r_{A_2 \tau_1} & r_{A_2 \tau_2} & \dots & r_{A_2 \tau_N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{A_N A_1} & r_{A_N A_2} & \dots & 1 & r_{A_N \tau_1} & r_{A_N \tau_2} & \dots & r_{A_N \tau_N} \\ r_{\tau_1 A_1} & r_{\tau_1 A_2} & \dots & r_{\tau_1 A_N} & 1 & r_{\tau_1 \tau_2} & \dots & r_{\tau_1 \tau_N} \\ r_{\tau_2 A_1} & r_{\tau_2 A_2} & \dots & r_{\tau_2 A_N} & r_{\tau_2 \tau_1} & 1 & \dots & r_{\tau_2 \tau_N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{\tau_N A_1} & r_{\tau_N A_2} & \dots & r_{\tau_N A_N} & r_{\tau_N \tau_1} & r_{\tau_N \tau_2} & \dots & 1 \end{vmatrix} \quad (5)$$

Элементы определителя  $D_{2N}$  выражаются через коэффициенты корреляции амплитуд  $R_{A_i}$ , длительностей  $R_{\tau_i}$ , амплитуд и длительностей  $R_{A_i \tau_j}$ , длительностей и амплитуд  $R_{\tau_i A_j}$  по формулам [1, 3]

$$\left\{ \begin{aligned} r_{A_i} &= \frac{\ln(1+K_{A_i} K_{A_j} R_{A_i})}{\sqrt{\ln(1+K_{A_i}^2) \ln(1+K_{A_j}^2)}}; \\ r_{\tau_i} &= \frac{\ln(1+K_{\tau_i} K_{\tau_j} R_{\tau_i})}{\sqrt{\ln(1+K_{\tau_i}^2) \ln(1+K_{\tau_j}^2)}}; \\ r_{A_i \tau_j} &= \frac{\ln(1+K_{A_i} K_{\tau_j} R_{A_i \tau_j})}{\sqrt{\ln(1+K_{A_i}^2) \ln(1+K_{\tau_j}^2)}}; \\ r_{\tau_i A_j} &= \frac{\ln(1+K_{\tau_i} K_{A_j} R_{\tau_i A_j})}{\sqrt{\ln(1+K_{\tau_i}^2) \ln(1+K_{A_j}^2)}}. \end{aligned} \right. \quad (6)$$

Представленная модель, определенная выражением (1), позволяет синтезировать алгоритмы моделирования флюктуаций амплитуд и длительностей для практически любых условий наблюдения надводных объектов. Алгоритмы моделирования, основанные на выражении (1), будучи универсальными, оказываются слишком сложными и потому малоприменимыми для широкого практического применения.

Для надводных объектов, представляющих собой крупные корабли (как военные, так и гражданские), при наблюдении их с больших расстояний, малых углов визирования в вертикальной плоскости, экспериментально установлены некоторые функциональные зависимости между параметрами законов распределения. Эти зависимости выполняются с точностью до погрешности экспери-

мента. Если считать эти зависимости точными, то алгоритмы моделирования флюктуаций амплитуд и длительностей эхосигналов кораблей можно сильно упростить и, соответственно, существенно повысить их быстродействие и эффективность практического использования.

В работах В. В. Барскова, А. Ф. Пашевского, А. В. Смирнова показано, что экспериментальные данные по корреляционным функциям эхосигналов крупных морских объектов позволяют положить  $R_A(t) = R_\tau(t) = R_{A,\tau}(t) / R_{A,\tau}(0) = R_{\tau,A}(t) / R_{\tau,A}(0)$ , при этом, естественно,  $R_{A,\tau}(0) = R_{\tau,A}(0)$ . Если эти равенства перенести на корреляционные функции логарифмов амплитуд и длительностей, что верно с точностью до погрешности эксперимента, т. е. положить  $r_A(t) = r_\tau(t) = r_{A,\tau}(t) / r_{A,\tau}(0) = r_{\tau,A}(t) / r_{\tau,A}(0)$ , то будут выполнены равенства  $\mathbf{D}_N^{(A)} = \mathbf{D}_N^{(\tau,A)}$ ,  $\mathbf{D}_N^{(\tau)} = \mathbf{D}_N^{(A,\tau)}$ , где  $(\cdot)^T$  – знак транспонирования. Отсюда следует, что матрицы  $\mathbf{D}_N^{(A)}$ ,  $\mathbf{D}_N^{(\tau)}$ ,  $\mathbf{D}_N^{(A,\tau)}$ ,  $\mathbf{D}_N^{(\tau,A)}$  являются симметричными теплицевыми матрицами, а выражение (4) можно переписать в виде [4]

$$\mathbf{D}_{2N} = \begin{bmatrix} \mathbf{D}_N^{(A)} & \mathbf{D}_N^{(A,\tau)} \\ \mathbf{D}_N^{(\tau,A)} & \mathbf{D}_N^{(\tau)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{D}_N^{(A)} & r_{A,\tau}(0) \cdot \mathbf{D}_N^{(A)} \\ r_{A,\tau}(0) \cdot \mathbf{D}_N^{(A)} & \mathbf{D}_N^{(A)} \end{bmatrix}. \quad (7)$$

Следует подчеркнуть, что равенство (7) распространяется лишь на нормированные корреляционные характеристики сигналов, не влияя при этом на векторы средних и дисперсий. Это позволяет использовать данную модель не только для описания конечных выборок, но и при предельном переходе для описания нестационарного процесса флюктуаций параметров информационных сигналов при приближении летательного аппарата к кораблю. Равенство (7) для логарифмически-нормальной модели приводит к равенству коэффициентов вариации  $K_A = K_\tau$ , что также не противоречит экспериментальным данным.

Алгоритм моделирования флюктуаций амплитуд и длительностей следует из условной двумерной плотности

распределения [3], получаемой прямым вычислением двойного интеграла при произвольном значении  $k = 2, 3, \dots$

$$w(A_k, \tau_k / A_{k-1}, \tau_{k-1}) = \frac{w(A_k, \tau_k)}{\int_0^\infty \int_0^\infty w(A_k, \tau_k) dA_k d\tau_k} \quad (8)$$

Вычисляя двойной интеграл и преобразуя выражение к виду двумерной логарифмически-нормальной плотности распределения, получаем

$$f(A_k, \tau_k / A_{k-1}, \tau_{k-1}) = \frac{1}{2\pi \sigma'_{A_k} \sigma'_{\tau_k} \tau_k A_k \sqrt{1-r'^2_{\tau_k A_k}}} \times \exp\left\{-\frac{1}{2(1-r'^2_{\tau_k A_k})}\right\} \times \left\{\frac{\ln^2 \frac{\tau_k}{\bar{\tau}_k} + \ln^2 \frac{A_k}{\bar{A}_k} - 2r'_{\tau_k A_k} \frac{\ln \frac{\tau_k}{\bar{\tau}_k} \ln \frac{A_k}{\bar{A}_k}}{\sigma'^2_{\tau_k} + \sigma'^2_{A_k}}}\right\} \quad (9)$$

где параметры условной плотности распределения равны

$$\begin{cases} \bar{A}'_k = \bar{A}_k \exp\left[-\sum_{i=1}^{k-1} \left(\frac{D_{i,k}^{(A)}}{D_{i,k-1}^{(A)}} \cdot \frac{\sigma_{A_i}}{\sigma_{A_i}} \cdot \ln \frac{A_i}{\bar{A}_i}\right)\right]; \\ \sigma'_{A_k} = \sigma_{A_k} \cdot \sqrt{D_k^{(A)} / D_{k-1}^{(A)}}; \\ \bar{\tau}'_k = \bar{\tau}_k \exp\left[-\sum_{i=1}^{k-1} \left(\frac{D_{i,k}^{(A)}}{D_{i,k-1}^{(A)}} \cdot \frac{\sigma_{\tau_i}}{\sigma_{\tau_i}} \cdot \ln \frac{\tau_i}{\bar{\tau}_i}\right)\right]; \\ \sigma'_{\tau_k} = \sigma_{\tau_k} \cdot \sqrt{D_k^{(A)} / D_{k-1}^{(A)}}; \\ r_{\tau_k A_k} = r_{A_k \tau_k} = \beta_0 = \frac{\ln(1 + K_A^2 R_{A\tau}(0))}{\ln(1 + K_A^2)} \end{cases} \quad (10)$$

Из выражения (10) видно, что с ростом индекса  $k$ , очередного отсчетного значения эхо-сигнала, меняются соответствующие определители и сложность расчетов неограниченно возрастает. Наиболее простые алгоритмы получаются в предположении, что отсчеты амплитуд и длительностей эхо-сигналов связаны в простую цепь Маркова. В этом случае по корреляционно-спектральным характеристикам математическая модель учитывает лишь ширину спектра флюктуаций параметров эхо-сигналов кораблей. Следует отметить, что функциональный вид корреляционной функции «Марковской» модели и реального эхо-сигнала достаточно близки, а в дальней зоне наблюдения кораблей при малых углах визирования аппроксимация корреляционных функций в виде корреляционных функций «Марковской» модели хорошо согласуется с экспериментальными данными.

Для случая простой цепи Маркова корреляционные функции должны иметь вид

$$\begin{cases} R_A(t) = \frac{1}{K_A^2} \left[ (1 + K_A^2) \exp(-\mu|t|) - 1 \right]; \\ R_\tau(t) = \frac{1}{K_\tau^2} \left[ (1 + K_\tau^2) \exp(-\mu|t|) - 1 \right]. \end{cases} \quad (11)$$

Параметр  $\mu$  определяет ширину спектра флюктуаций

$$\begin{cases} r_A(t) = r_\tau(\tau) = r(t) = \exp(-\mu|t|); \\ r_{i,j} = r(|i-j|T_{\text{ПЛС}}) = \\ = \exp(-\mu T_{\text{ПЛС}} |i-j|) = \\ = [\exp(-\mu T_{\text{ПЛС}})]^{|i-j|} = r^{|i-j|}, \end{cases} \quad (12)$$

где  $r = \exp(-\mu T_{\text{ПЛС}})$  – коэффициент корреляции между логарифмами амплитуд и длительностей двух соседних эхо-сигналов;  $T_{\text{ПЛС}}$  – период повторения бортового локатора.

Для зависимостей вида (12) вычислим соответствующие определители и алгебраические дополнения определителей:

$$D_k^{(A)} = \begin{vmatrix} 1 & r & r^2 & \dots & r^{k-1} \\ r & 1 & r & \dots & r^{k-2} \\ r^2 & r & 1 & \dots & r^{k-3} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r^{k-1} & r^{k-2} & r^{k-3} & \dots & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & r & r^2 & \dots & r^{k-1} \\ 0 & (1-r^2) & r(1-r^2) & \dots & r^{k-2}(1-r^2) \\ 0 & 0 & (1-r^2)^2 & \dots & r^{k-3}(1-r^2)^2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & (1-r^2)^{k-1} \end{vmatrix} = (1-r^2)^{k-1} \quad (13)$$

Если  $l \neq k-1$ , то

$$D_{l,k}^{(A)} = (-1)^{l+k} \begin{vmatrix} 1 & r^1 & \dots & r^{k-1} \\ r^1 & 1 & \dots & r^{k-2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r^{l-2} & r^{l-3} & \dots & r^{k-l} \\ r^l & r^{l-1} & \dots & r^{k-l-2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r^{k-2} & r^{k-3} & \dots & 1 \\ r^{k-1} & r^{k-2} & \dots & r^1 \end{vmatrix} = 0, \quad (14)$$

в силу пропорциональности последних двух строк, если же  $i = k-1$ , то

$$D_{k-1,k}^{(A)} = (-1)^{2k-1} \cdot D_{k-1}^{(A)} = -r(1-r^2)^{k-2}, \quad (15)$$

отсюда получаем

$$\begin{cases} \frac{D_{l,k}^{(A)}}{D_{k-1}^{(A)}} = 0, \quad l \neq k-1; \\ \frac{D_{k-1,k}^{(A)}}{D_{k-1}^{(A)}} = \frac{-r D_{k-1}^{(A)}}{D_{k-1}^{(A)}} = -r; \\ \sqrt{\frac{D_k^{(A)}}{D_{k-1}^{(A)}}} = \sqrt{\frac{(1-r^2)^{k-1}}{(1-r^2)^{k-2}}} = \sqrt{(1-r^2)}. \end{cases} \quad (16)$$

Параметры условной плотности распределения равны

$$\begin{cases} \bar{A}'_k = \bar{A}_k \exp\left(r \frac{\sigma_{A_k}}{\sigma_{A_{k-1}}} \ln \frac{A_{k-1}}{\bar{A}_{k-1}}\right); \\ \sigma'_{A_k} = \sigma_{A_k} \sqrt{1-r^2}; \\ \bar{\tau}'_k = \bar{\tau}_k \exp\left(r \frac{\sigma_{\tau_k}}{\sigma_{\tau_{k-1}}} \ln \frac{\tau_{k-1}}{\bar{\tau}_{k-1}}\right); \\ \sigma'_{\tau_k} = \sigma_{\tau_k} \sqrt{1-r^2}; \\ r'_{A_k \tau_k} = r_{A_k \tau_k} = \beta_0. \end{cases} \quad (17)$$

Как и следовало ожидать, для простой цепи Маркова условная плотность распределения зависит лишь от предыдущих значений случайных последовательностей как для  $A_k$ , так и для  $\tau_k$ .

Алгоритм моделирования в рассматриваемом случае может быть записан в виде

$$\begin{cases} A_k = \bar{A}_k \exp\left(r \frac{\sigma_{A_k}}{\sigma_{A_{k-1}}} \ln \frac{A_{k-1}}{\bar{A}_{k-1}} + \sigma_{A_k} \sqrt{1-r^2} \xi_k\right); \\ \tau_k = \bar{\tau}_k \exp\left[r \frac{\sigma_{\tau_k}}{\sigma_{\tau_{k-1}}} \ln \frac{\tau_{k-1}}{\bar{\tau}_{k-1}} + \sigma_{\tau_k} \sqrt{1-r^2} (\beta_0 \xi_k + \sqrt{1-\beta_0^2} \eta_k)\right], \end{cases} \quad (18)$$

где  $(\xi_k, \eta_k)$ , последовательность совместно независимых нормальных случайных величин, каждая из которых имеет нулевое среднее и единичную дисперсию (начальные значения  $A_0$  и  $\tau_0$  рассчитываются при  $r=0$ ). Алгоритм (18) дает рекуррентные соотношения для расчета очередных значений  $(A_l, \tau_l)$ , и его сложность не зависит от индекса.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Давидчук А.Г., Шенета Д.А. Математические модели эхо-сигналов кораблей, наблюдаемых локаторами бортовых систем обработки информации // Информационно-управляющие системы. – 2005. – № 6. – С. 2–8.
2. Тверской Г.Н., Терентьев Г.К., Харченко И.П. Имитаторы эхо-сигналов судовых радиолокационных станций. – Л.: Судостроение, 1973. – 228 с.
3. Шенета Д.А. Разработка математических моделей и синтез алгоритмов моделирования входных сигналов бортовых систем обработки информации и управления. Дисс. на соискание уч. степени канд. техн. наук, Санкт-Петербург, 2000.
4. Шенета А.П., Бажин С.А., Давидчук А.Г. Экспериментальные характеристики эхо-сигналов кораблей, наблюдаемых локаторами бортовых систем обработки информации // Информационно-управляющие системы. – 2005. – № 2. – С. 7–12. ■

Опыт разработки подобных систем в АО «НПФ «Меридиан», анализ подобных систем других производителей, тенденций развития информационных технологий позволяют определить перспективную архитектуру интегрированной системы боевого управления надводного корабля (ИСБУ НК).

Главная и основная цель создания ИСБУ корабля – автоматизация процессов деятельности экипажа с целью повышения эффективности применения оружия в условиях противодействия противника при сохранении боевой устойчивости корабля. Необходимо отметить, что от глубины, степени и комплексности автоматизации зависит также количество личного состава корабля и, как следствие, эффективность применения ВМФ («Воевать не числом, а умением», – говорил А. В. Суворов).

В данном контексте, несмотря на некоторые недостатки, примером может служить комплексная автоматизированная система управления АПЛ пр. 705 К «Ли́ра» позволившая не только повысить боевую эффективность корабля, но и сократить экипаж до 32 человек. Впервые в этой комплексной автоматизированной системе управления реализованы две многофункциональные части. Первая – это собственно боевая информационно-управляющая система (БИУС), обеспечивающая эффективное применение оружия. Вторая часть – это многофункциональная комплексная система управления техническими средствами (КСУТС) корабля. В этой части решались задачи управления ГЭУ, общекорабельными системами и системой централизованного контроля и документирования. Систему «Ли́ра» можно назвать прообразом ИСБУ.

К сожалению, автоматизированные системы НК не могут «похвастаться» подобной комплексной автоматизацией, и в стиле заложенных в них традиций решаются чисто задачи БИУС (контуры ПВО, ПЛО, УРО). При появлении летательных аппаратов (ЛА) корабельного базирования добавились задачи управления ими. Автоматизация этапов подготовки к боевым действиям не ставилась и не реализовывалась. На предприятии АО «НПФ «Меридиан» при реализации БИУС «Требование-М» помимо традиционных задач для подобных систем (БИУС), а именно:

- сбор, обработка, отображение и документирование информации о тактической обстановке от различных источников информации, а также информации о состоянии боевых средств корабля;

## НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ И ПЕРСПЕКТИВНАЯ АРХИТЕКТУРА ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ БОЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ НАДВОДНОГО КОРАБЛЯ

*М.Н. Грачев, канд. тех. наук, вед. инженер-программист,  
А.Н. Зайцев, канд. воен. наук, вед. инженер-программист,  
АО «НПФ «Меридиан»,  
контакт. тел. (812) 602 0375, доб. 164*

- обеспечение управления средствами противовоздушной обороны корабля с учетом прикрытия кораблей тактического соединения;
- обеспечение управления комплексами ракетного, артиллерийского и торпедного оружия корабля при использовании по морским целям;
- обеспечение управления боевыми действиями корабля против подводных лодок и использования противолодочного оружия;
- обеспечение управления корабельными вертолетами;
- обеспечение сопровождения надводных целей по данным корабельных радиолокационных станций;
- обеспечение безопасного расхождения с надводными целями и совместного плавания в составе соединения;
- тренировки личного состава с имитацией тактической обстановки,
- были реализованы задачи автоматизации этапов подготовки к боевым действиям корабля, плюс автоматизированы некоторые задачи повседневной деятельности (административного управления). Для обеспечения непротиворечивости и целостности данных информационная подсистема реализована с применением концепции интегрированного хранения данных на основе систем управления базами данных (СУБД). Из выше сказанного можно сделать вывод,

что система «Требование-М» имеет черты ИСБУ. Основные составные функциональные части «Требования-М» представлены на рис. 1.

Полученный опыт при разработке БИУС «Требование-М», развитие информационных технологий и задачи, стоящие перед ИСБУ надводных кораблей, позволяют сформулировать следующие общие требования к программному и аппаратному (техническому) обеспечению:

- комплексность автоматизации процессов деятельности, включая не только боевую деятельность, но и все этапы подготовки к ней, а также процессы повседневной деятельности;
- исключение дублирования функций управления (задач) и технического обеспечения в различных функциональных комплексах (контурах) корабля;
- сокращение количества (оптимизация) приборного состава системы с целью снижения массогабаритных характеристик, уменьшения количества работ, связанных с техническим обслуживанием, и, как следствие, уменьшение водоизмещения корабля, а также обслуживающего личного состава;
- стандартизация и модульность построения как аппаратного, так и программного обеспечения с целью создания высокого модернизационного потенциала системы и



Рис.1. Основные составные функциональные части «Требования-М»

уменьшения затрат на разработку, изготовление и сопровождение системы;

- углубление интеграции за счет применения концепции интегрированного хранения на основе СУБД и создания единого информационного пространства, охватывающего все уровни иерархии управления (корабль–тактическая группа–соединение–объединение).

Указанные требования и ИСБУ могут быть эффективно реализованы на современном уровне с применением последних тенденций в области информационных технологий.

Резкое увеличение вычислительных мощностей современных процессоров за последнее 5–7 лет (12 и более ядер в одном кристалле при частоте 2,5–3,5 ГГц), применение SSD (твердотельных) дисков, увеличение пропускной способности сетей за счет внедрения оптического волокна и широкополосных каналов, уменьшение стоимости микросхем оперативной памяти – все это способствовало появлению новых типов устройств, а также новой архитектуры систем обработки информации. Такие новые устройства, как «нулевые» клиенты, аппаратные «тонкие» клиенты, получают широкое распространение за счет их относительной дешевизны.

Классические клиент-серверные архитектуры систем вытесняются «новыми серверными» архитектурами. На рис. 2 показана абстрактная система обработки информации, имеющая классическую клиент-серверную архитектуру. Подобную архитектуру имеют практически все современные БИУС. Основу архитектуры составляют серверы, работающие под управле-

нием операционных систем (ОС). На каждом сервере устанавливается своя ОС в зависимости от типа решаемых задач. Серверы соединяются между собой, с рабочими местами, с устройствами сопряжения сетью.

Устройства сопряжения обеспечивают связь системы с источниками и потребителями информации. Рабочие места представляют собой «толстых клиентов», реализованных, как правило, на базе персональных компьютеров (вычислительных модулей), под управлением соответствующих операционных систем. Нетрудно заметить, что в этой архитектуре количество ОС равняется количеству вычислительных модулей плюс серверы.

На рис. 3 показана «новая серверная» архитектура системы по функциональным задачам, аналогичным рис. 1. Ключевым элементом данной архитектуры является система виртуализации различных вычислительных ресурсов, используемая с целью сокращения расходов на техническое (аппаратное) и программное обеспечение и, как следствие, сокращения расходов на электропитание, техническое обслуживание, систему охлаждения, а также сокращения площади для размещения. Гипервизоры последнего поколения обладают широкими возможностями по виртуализации вычислительных ресурсов.

Новая архитектура предлагает вместо нескольких физических серверов, работающих на однотипных операционных системах, применяется один сервер, на котором под гипервизором моделируются виртуальные серверы. Как уже говорилось выше, современные гипервизоры могут «разделять» одну операционную систему между виртуальными серверами.

На физическом сервере № 1 (см. рис. 3) установлены две разделяемые операционные системы. Под управлением ОС1 работает несколько виртуальных серверов: 1-й; 2-й,... Предполагается, что ОС2 имеет другой тип (например ОС реального времени) и под этой операционной системой работает виртуальный сервер N. Вычислительные мощности рабочих мест в виде виртуальных машин размещены на физическом сервере № 2, на котором под гипервизором работает «разделяемая» между виртуальными машинами ОС.

Рабочее место оператора реализовано с использованием «нулевого» или аппаратного «тонкого» клиента, т. е. без вычислительного модуля и без классической операционной системы. Анализ конкретных реализаций «нулевых» и аппаратных «тонких» клиентов, их положительные качества и недостатки выходят за рамки данной статьи. Остановимся лишь на общих вопросах их применения. Предварительно необходимо отметить, что на «тонком» клиенте присутствует специализированная жестко прошитая операционная система. Это может быть урезанный клон «LINUX» или урезанный клон «WINDOWS». Так как они жестко прошиты и являются неотъемлемой частью устройства, то не требуют отдельного лицензирования. Реализация же «нулевого» клиента осуществляется специальной микросхемой в виде отдельного блочка или совместно с монитором, тем он и отличается от «тонкого» клиента. Как правило, «нулевые» и «тонкие» клиенты поддерживают протоколы удаленного доступа RDP, VNC, HDX (с различными расширениями) и имеют разъемы и порты для подключения монитора, клавиатуры, мыши и других периферийных устройств. Через указанных клиентов осуществляется «проброс» портов подключения на виртуальную машину, реализующую функциональность рабочего места конкретной системы.

Сравнивая две архитектуры нетрудно заметить, что новая архитектура, основанная на виртуализации ресурсов, дает реальную экономию и сокращение расходов по причине:

- сокращения приборного состава (физических вычислительных модулей) за счет замены их виртуальными машинами, а, следовательно, и сокращение необходимого количества ЗИПа;
- сокращения количества операционных систем за счет применения «разделяемых» операционных систем на физических серверах, работающих под управлением гипервизора, где реализуется виртуальная вычислительная среда плюс применение «нулевых» клиентов;

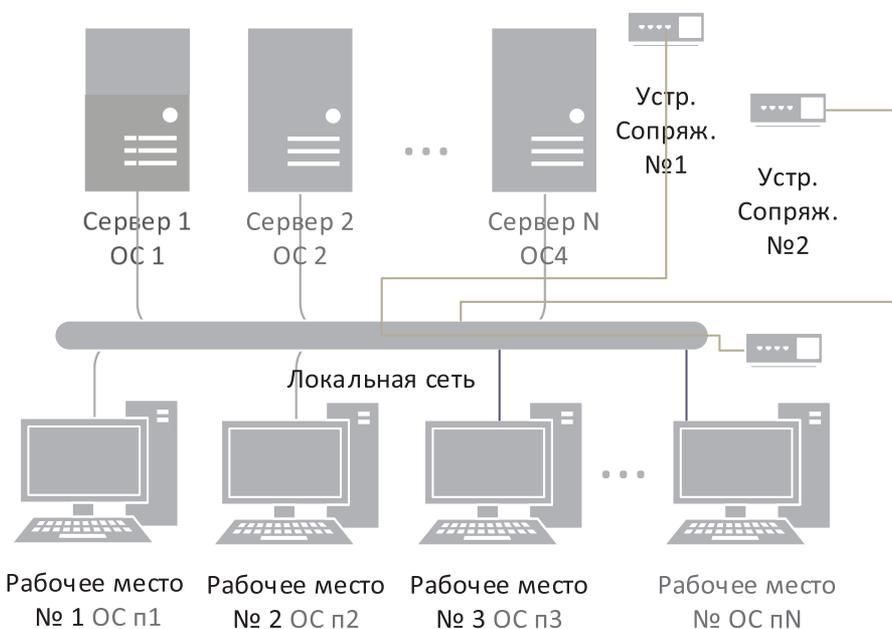


Рис. 2. Система, построенная по классической клиент-серверной технологии

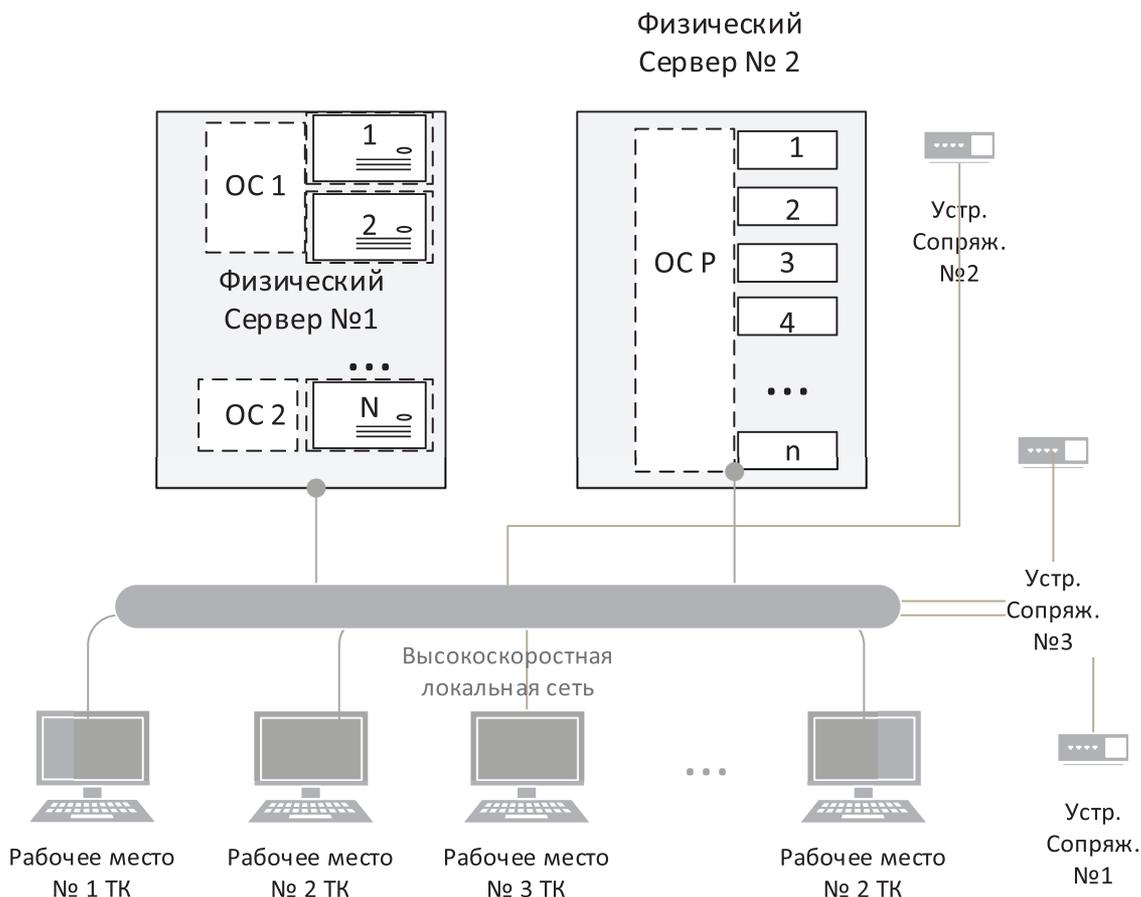


Рис.3. Система, построенная по «новой серверной» технологии с глубокой степенью виртуализации

– уменьшения количества кабельных соединений за счет применения виртуальных сетей внутри виртуальных сред (см. рис. 3. физические серверы № 1 и № 2);

– сокращения работ по техническому обслуживанию, а, следовательно, и личного состава, участвующего в этих работах;

– снижения энергопотребления за счет сокращения приборного состава, а, следовательно, и сокращения системы вентиляции приборов;

– сокращения технологических площадей размещения;

– В дополнение к сказанному, новая архитектура создает прекрасные условия и незаменимые факторы для создания ИСБУ. Перечислим их ниже.

1. Легкость интеграции различных функциональных систем, построенных на базе вычислительной техники (для цифровой обработки информации) в единую систему. Например, карт-сервер, сервер СУБД, вычислительный модуль ЭКНИС и др., могут без доработок развернуты в виртуальной среде на одном физическом сервере и объединены между собой виртуальной сетью без применения реальных сетевых кабелей.

2. Легкость в обеспечении заданной надежности системы. Указанная проблема решается путем кластеризации физических серверов и размещения узлов кластера в территориально разнесенных и наиболее защищенных местах корпуса корабля. Рабочие места операторов системы, реализованные на базе «нулевых» клиентов, подключаются ко всем узлам кластера. Масштабируемость и высокий коэффициент готовности обеспечивается репликацией данных между узлами кластера. Фактически на корабле реализуется высоконадежный центр обработки данных (ЦОД).

3. Легкость в формировании и стандартизации приборного состава для кораблей различных классов за счет ограниченной номенклатуры физических устройств.

4. Гибкие и единые политики управления виртуальными средами (и ЦОДом в целом) позволяют повысить эффективность эксплуатации общей инфраструктуры системы, ее адаптивность, а также улучшить безопасность данных.

5. Более детальная проработка и применение подобной архитектуры для различных уровней иерархии управления: корабль – тактическая групп

кораблей – соединение кораблей с использованием широкополосных каналов связи, обеспечит единое актуальное информационное пространство для принятия обоснованных решений на применение сил флота.

В заключение следует отметить перспективность предлагаемой системной архитектуры именно для создания ИСБУ как неотъемлемого элемента автоматизированной системы управления силами флота. Прикладная архитектура ИСБУ с учетом предлагаемой системной архитектуры в данной статье из-за большого объема не рассматривалась.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шмаков Р. А. Малая скоростная подводная лодка истребитель пр.705 (705 К)//Тайфун.– 1997.– № 3.
2. Григорьев Б. В. Решение определившее облик АПЛ пр.705//Тайфун.– 1999.– № 1.
3. Собакин В. А. Автоматизация общекорабельных систем и комплексная автоматизация АПЛ пр.705//Тайфун.– 2001.– № 4.
4. Алексеев Ю. В., Блинов Ю. П. Корабельные автоматизированные системы управления»//Радиоэлектронное вооружение, www.flot.com
5. Морская электроника: Краткий справочник.– СПб.: Политехника, 2003.■

## ВВЕДЕНИЕ

Измерения осадки морских подвижных объектов (МПО) – весьма важная задача, необходимая для обеспечения безопасности их плавания. В общем случае эта задача рассматривается как задача измерения осадки МПО, т. е. измерения осадки, крена и дифферента. Измерение осадки необходимо для скоростных судов с глубоководными крыльями, для плавдоков, крановых судов и плавкранов, водоизмещающих судов, движущихся в условиях маловодья.

В целом для разработки системы измерения осадки МПО требуется разработать структуру системы, выбрать измерительные датчики и вычислитель, а также разработать алгоритмическое и программное обеспечение. Рассмотрим эти задачи применительно к созданию системы измерения осадки МПО различных типов.

## СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ОСАДКИ СКОРОСТНОГО СУДНА НА ПОДВОДНЫХ КРЫЛЬЯХ

Особенностью задачи измерения осадки скоростного судна на глубоководных подводных крыльях является невозможность использовать различного рода датчики давления на крыльевых устройствах вследствие нахождения этих датчиков в условиях набегающего потока воды с высокой скоростью. Поэтому на этих судах используют датчики, позволяющие измерять расстояние от точки их установки на борту судна до поверхности воды.

Другой особенностью задачи измерения осадки судна на подводных крыльях является необходимость использования скоростного вычислителя, что обусловлено высокой скоростью движения судна и, следовательно, высокой частотой встречи с волной и высокочастотным изменением расстояния от точки установки датчика до поверхности воды.

Структура типовой системы измерения осадки судна на подводных крыльях имеет вид, показанный на рис. 1.

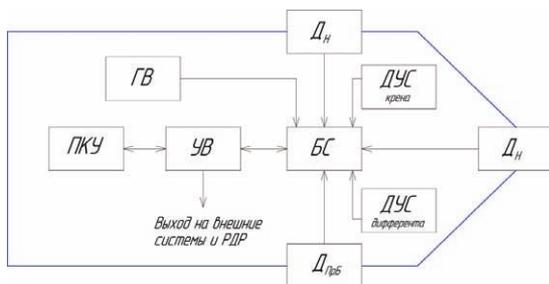


Рис. 1. Структура измерения осадки судна на подводных крыльях

$Д_{ЛБ}$ ,  $Д_{ЛБФ}$ ,  $Д_{ПРБ}$  – датчики измерения расстояния до поверхности воды;  $ГВ$  – гировертикаль;  $ДУС$  – датчик угловой скорости;  $БС$  – блок сопряжения;  $УВ$  – устройство вычислительное;  $ПКУ$  – панели контроля и управления;  $РДР$  – регистратор данных рейса

К данной системе измерения осадки судна предъявляются повышенные требования к устойчивости датчиков, так как любые сбои, отказы и ошибки в измерениях могут приводить к авариям. Отказоустойчивость обеспечивается аппаратно-программными средствами, что определяет особенности алгоритмического и программного обеспечения. Решение задачи отказоустойчивого комплексирования сигналов навигационно-измерительных датчиков приведены в работах [2,3].

Использование датчиков угловых скоростей, гировертикали, датчиков крена и дифферента в структуре на рис. 1 не является необходимым, но позволяет достичь более высокой точности измерений и обеспечить отказоустойчивость системы измерения осадки.

# СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ОСАДКИ МОРСКИХ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

**В.М. Амбросовский**, канд. техн. наук, директор департамента

АО «Кронштадт Технологии»,

**Д.С. Васильев**, стажер

АО «Инженерный центр информационных и управляющих систем»,  
контакт. тел. +7 (921) 423 9492

Подобная система измерения осадки может быть использована не только на судах на подводных крыльях, но и, например, на экранопланах [4].

## СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ОСАДКИ ПЛАВДОКОВ

К точности измерения осадки плавдоков, прежде всего к точности осадки, предъявляются более высокие требования, чем к системе измерения осадки судна на подводных крыльях. Кроме того, вследствие больших размеров плавдоков их корпуса при погружении и подъеме испытывают большие силы и моменты, приводящие к изгибам и кручению корпуса. Это не позволяет рассматривать корпус плавдока как твердое тело, что требует использовать от шести до восьми датчиков, измеряющих расстояние от точки установки датчика на борту плавдока до поверхности воды.

Типовая структура системы измерения осадки плавдока приведена на рис. 2.

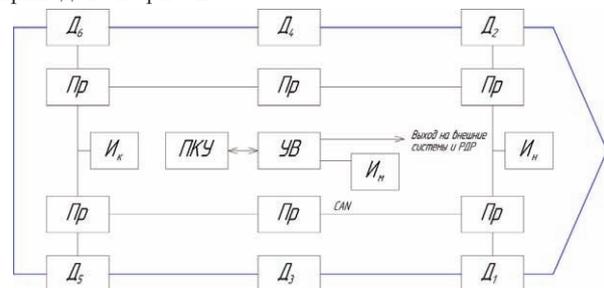


Рис. 2. Структура измерения осадки плавдока:

$Д_i$  – датчик измерения расстояния до поверхности воды;

$Пр$  – преобразователь сигнала датчика  $Д_i$  в CAN;

$И_n$ ,  $И_m$ ,  $И_k$  – носовой, миделевый и кормовой инклинометры

## СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ОСАДКИ ВОДОИЗМЕЩАЮЩЕГО СУДНА

Система измерения осадки водоизмещающего судна должна обеспечивать измерение крена, дифферента и осадки судна на стопе и малых ходах. К точности этих измерений предъявляются довольно высокие требования, что связано с необходимостью предотвращения столкновений с дном и опасных кренов и дифферентов [5].

В настоящее время подобные системы находят все большее распространение, поэтому рассмотрим их подробнее.

Основой такой системы измерения осадки являются датчики измерения статического давления, устанавливаемые рядом с днищем судна, и двухосевой инклинометр, измеряющий углы крена и дифферента. Устанавливают также от двух до четырех датчиков давления в зависимости от требований к точности и отказоустойчивости измерений.

Структурная схема типовой системы измерения осадки судна приведена на рис. 3.

При установке датчиков статического давления требуется обеспечить их связь с атмосферой, так как воздух, растворенный в воде, может скапливаться в трубе, идущей от днища судна к датчику давления, что приводит к ошибкам измерения. Такая ситуация наиболее типична для мелкоосидающих судов, особенно при взволнованной поверхности воды.

Некоторые схемы установки датчиков статического давления приведены на рис. 4.

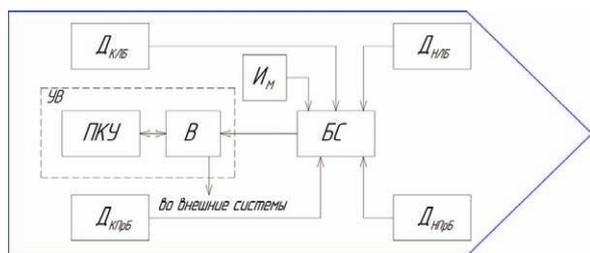
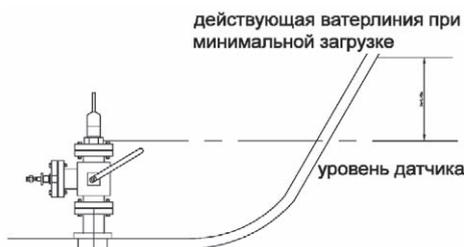


Рис. 3. Структура измерения осадки водоизмещающего судна:

$\Delta_{Н/К\text{ ЛБ}}$ ,  $\Delta_{ПРБ}$  – датчики статического давления, носовые и кормовые, левого и правого борта;  $I_M$  – инклинометр мидельный;  $B$  – вычислитель

а)



б)

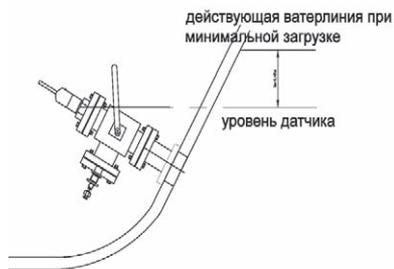


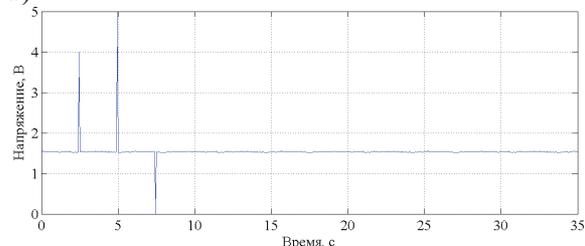
Рис. 4. Установка датчиков статического давления: а – установка в днище; б – установка в борт

Наличие четырех датчиков давления и двух осевого инклинометра обеспечивают избыточность измерений осадки, углов крена и дифферента, что позволяет создать отказоустойчивую систему измерения осадки судна.

На рис. 5 приведена структурная схема алгоритма определения крена при использовании четырех датчиков статического давления и сигнала крена, получаемого от инклинометра. Как видно из рис. 5, алгоритм позволяет выявить отказ инклинометра и любого из датчиков статического давления. Пусть сигналы крена, получаемые с двух носовых датчиков давления ( $\theta_{fdeg}$ ), с двух кормовых датчиков давления ( $\theta_{adeg}$ ) и с инклинометра ( $\theta_{ink}$ ), могут иметь выбросы, связанные со сбоями в измерениях, и переменную составляющую, определяемую взволнованной поверхностью воды.

Пример фильтрации сигнала датчика статического давления, выполненный на одном из проектов, приведены на рис. 6 и 7.

а)



б)

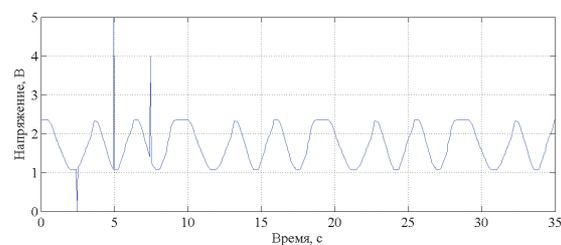


Рис. 6. Сигнал датчика давления: а – сигнал датчика на спокойной воде; б – сигнал датчика на волнении при наличии сбоя

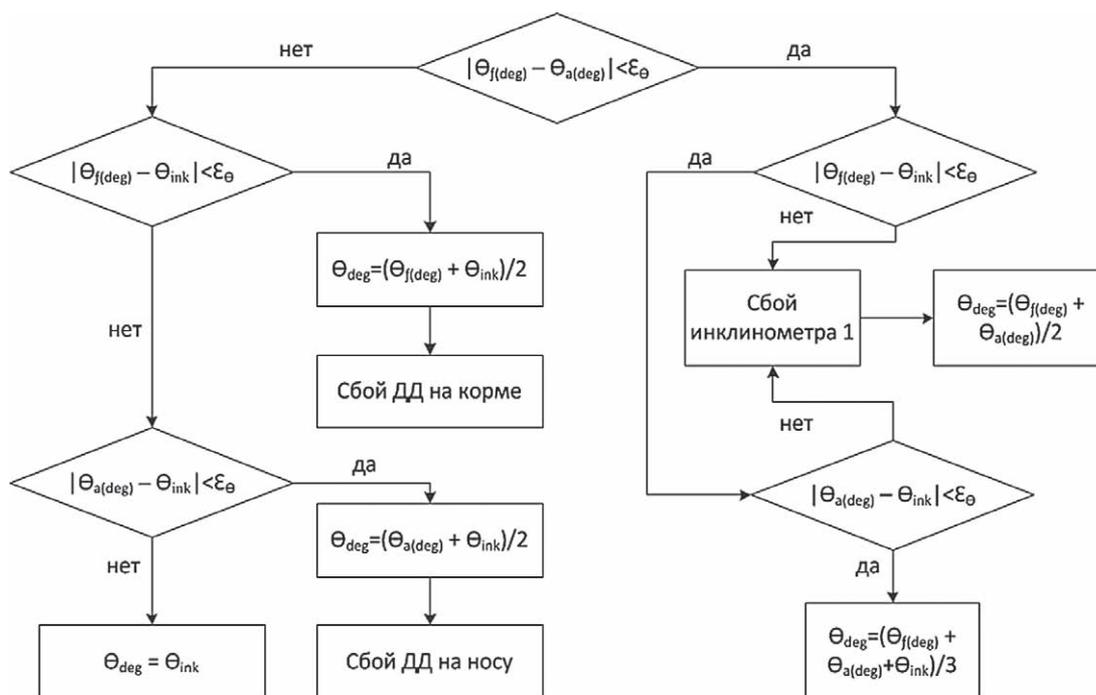


Рис. 5. Алгоритм определения крена судна

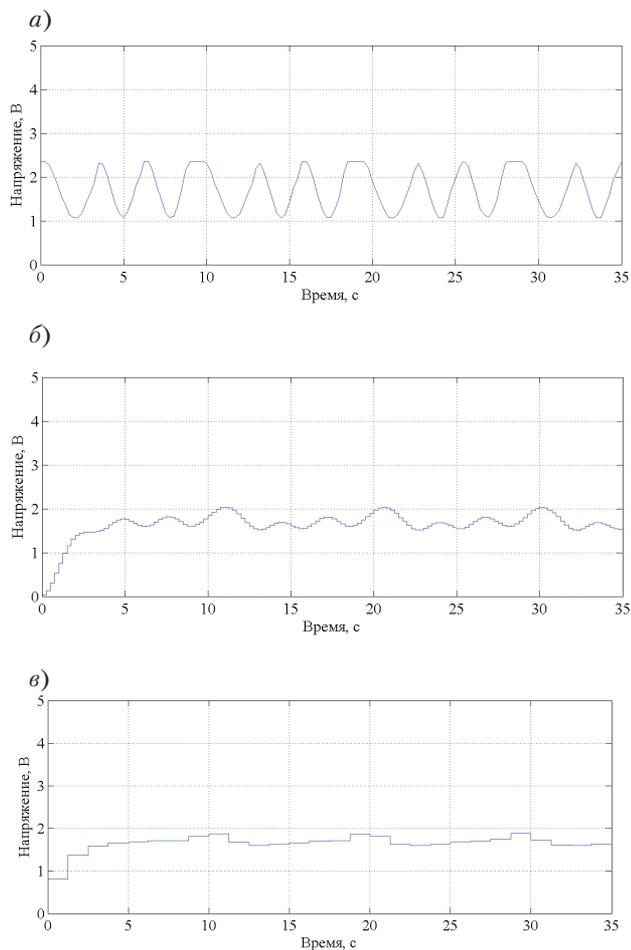


Рис. 7. Отфильтрованный сигнал датчика давления: а – сигнал датчика на выходе медианного фильтра; б – сигнал на выходе низкочастотного фильтра; в – сигнал на выходе фильтра скользящего среднего

Для исключения выбросов и переменной составляющей в сигналах датчиков было предложено последовательно использовать медианный и низкочастотный фильтры и фильтр «скользящее» среднее.

На рис. 8 и 9 приведены примеры информации, выводимой на жидкокристаллические экраны ПКУ.



Рис. 8. Изображение основного экрана ПКУ



Рис. 9. Изображение экрана навигационных данных

На рис. 10 приведен внешний вид устройства вычислительной системы измерения осадки водоизмещающего судна.

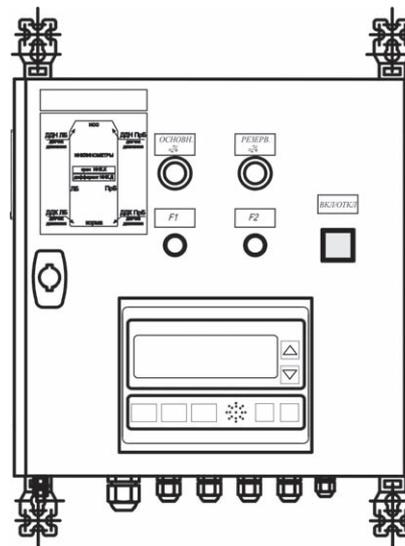


Рис. 10. Внешний вид устройства вычислительной системы измерения осадки МПО

Рассмотренная система успешно прошла опытную эксплуатацию на пограничных кораблях и крановых судах.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Амбросовский В. М., Зуев В. А., Лукомский Ю. А. и др. Повышение безопасности движения скоростных судов. – СПб.: ООО «Техномедиа»/«Элмор», 2008. – 136 с.
2. Амбросовский В. М., Кац Е. Б., Скороходов Д. А. Алгоритм обеспечения отказоустойчивости систем управления движением судов на подводных крыльях // Гироскопия и навигация. – 2000. – № 2 (29). – С. 11–20.
3. Амбросовский В. М., Корнев А. С., Хабаров С. П. Отказоустойчивый адаптивный к внешним возмущениям фильтр Калмана // Морская радиоэлектроника. – 2015. – № 3 (53). – С. 20–23.
4. Ambrosovsky V. M., Nebylov A. V. Fly Parameters Monitoring System for Small Wig Craft. – Proc. of III International Conference on Ground-Effect Machines, The Royal Society of Marine Engineers Russia Branch, SPb., 2000, p.15–23.
5. Амбросовский В. М., Алисимов Н. Б., Колпакова И. С., Махутдинов И. М., Петров А. А., Степанов А. Д. Система контроля и управления крановыми операциями // Морской вестник. – 2014. – № 4 (52). – С. 79–81. ■

Оценка навигационных рисков – достаточно сложная и принципиально важная научно-техническая задача. В настоящее время Международной морской организацией и национальными морскими администрациями прилагаются значительные усилия для перехода к количественным методам оценки навигационной безопасности плавания.

При этом под навигационной безопасностью плавания понимается многомерная качественная характеристика сложной организационно-технической системы мореплавания, которая определяет «способность кораблей (судов) осуществлять перевозку пассажиров, грузов и вести любую другую деятельность на море без навигационных происшествий, аварий и катастроф, которые могут привести к людским потерям, ущербу для грузов, экологическим потерям» [3].

В качестве количественной меры, характеризующей навигационную безопасность плавания, принято использовать оценку навигационного риска. Понятно, что на появление навигационного риска влияет множество факторов, связанных с изменчивостью навигационно-гидрографических и гидрометеорологических условий, надежностью корабельных систем управления движением и средств навигации, человеческим фактором, неопределенность которых и вызывает существенные трудности в оценивании навигационных рисков. Именно поэтому количественная характеристика навигационного риска в своей основе имеет вероятностный характер.

Навигационный риск есть вероятность появления опасной навигационной ситуации, связанной с посадкой корабля на мель, навалом на искусственные или естественные объекты, столкновением и т. п.

Другими словами, возникновение опасной навигационной ситуации, которая проявляется в уклонении корабля от траектории безопасного движения или выходе из назначенной полосы движения и сближением его с навигационной опасностью.

Количественное оценивание навигационных рисков связано с апостериорным статистическим анализом аварий и навигационных происшествий с определенными типами кораблей (судов), зарегистрированными в международных и национальных регистрах, которые случились в течение года [4].

В настоящее время уровень навигационных рисков составляет величину  $10^{-2}$ – $10^{-3}$  [4, 5].

Результаты количественной оценки навигационной безопасности плавания (НБП) могут быть использованы:

– при проектировании систем навигационного оборудования и путей движения судов;

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОБОБЩЕННЫХ МОДЕЛЕЙ НАВИГАЦИОННЫХ РИСКОВ СУДОВОЖДЕНИЯ В СЛОЖНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ УСЛОВИЯХ

*С.Н. Некрасов, д-р техн. наук, проф., ст. науч. сотрудник,*

*В.Ю. Бахмутов, канд. воен. наук, начальник отдела,*

*ОАО «ГНИНГИ»,*

*В.Б. Шариков, капитан 1 ранга, канд. техн. наук, начальник*

*кафедры кораблевождения,*

*П.А. Гапонюк, капитан 3 ранга, адъютант,*

*СПб ВМИ – филиал ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия»,*

*контакт. тел. (812) 327 9981, 327 9980*

- при разработке новых документов по обеспечению НБП;
- при совершенствовании конструкций судов;
- при обосновании допустимых ограничений на гидрометеорологические условия для мореплавания в заданном районе;
- при обосновании новых квалиметрических методов практической подготовки судоводителей и т. п.

Весьма актуальной задачей, возникающей при установлении новых и реконструкции старых подходов путей, является задача оптимизации их параметров для захода максимально возможного по водоизмещению и размерениям судна при минимальных навигационных рисках. Эта задача может быть решена различными методами: теории управления кораблем, экспертными и методами имитационного моделирования.

При использовании методов имитационного моделирования можно до принятия решения на строительство подходов путей оценить, какие суда, при каких гидрометеорологических условиях, при каком буксирном обеспечении могут заходить в назначенный порт с минимальными навигационными рисками.

В качестве инструментов имитационного моделирования могут быть использованы средства, построенные на современных информационных технологиях, например, тренажеры NTPго 5000 (ЗАО «Транзас»).

Метод имитационного моделирования процесса судовождения был использован для оценки навигационных рисков проводки судов с буксирным обеспечением при заходе (выходе) в морские порты Финского залива (Усть-Луга, Высоцк, ММПК «Бронка», «Большой порт Санкт-Петербург»), что позволило уточнить допустимые характеристики судов и ограничения по ветру для их захода в указанные порты с минимальными навигационными рисками.

Одним из главных результатов обобщения и анализа данных имитационного моделирования плавания судов является количественная оценка навигационных рисков, которая позволяет дать обоснованное и объективное заключение об уровне навигационной безопасности плавания (НБП), ставить и решать задачу управления навигационными рисками.

При количественном оценивании навигационных рисков основное внимание уделялось статистической оценке результатов имитационного моделирования, которые, с одной стороны, определяют качество управления заданным судном при заданных навигационно-гидрографических и гидрометеорологических условиях, а с другой – существенным образом влияют на уровень навигационных рисков.

В качестве основного средства определения текущих координат судна рассматривались приемники сигналов спутниковых навигационных систем в дифференциальном режиме (ДСНС), предельная погрешность которых составляет 1–3 м.

Как известно, основными параметрами, характеризующими качество управления судном, являются:

- смещение центра масс судна относительно некоторого эталонного пути  $X$ ,
- значения ширины маневренной полосы движения судна  $B$ .

Для количественного оценивания навигационного риска проводился комплексный статистический анализ этих параметров, в результате которого определялись:

- математическое ожидание смещения центра масс судна относительно некоторого эталонного пути  $M_x$ ;
- дисперсия смещения центра масс судна относительно некоторого эталонного пути  $D_x$ ;
- математическое ожидание значения ширины маневренной полосы движения судна  $M_B$ ;

– дисперсия изменчивости ширины маневренной полосы движения судна  $D_B$ .

Количественная оценка навигационного риска сводилась к хорошо известной в теории навигации задаче определения вероятности выхода судна за границы назначенного фарватера [5].

Итерационная процедура изменения ширины подходного пути, значений скорости ветра, течений и типов судов позволила определить их граничные параметры и сделать заключение о допустимости проводок с назначенными (общепринятыми) уровнями навигационных рисков.

Метод имитационного моделирования применялся для количественного оценивания навигационных рисков при проводке нескольких десятков судов, в результате чего была составлена специальная база данных параметров, определяющих качество управления судами в различных гидрометеорологических условиях.

При этом предстояло оценить общие закономерности влияния качества управления судами различных типов на уровень навигационных рисков. Для решения этой важной и сложной задачи все основные характеристики качества управления были приведены к единой шкале измерений и выполнено их нормирование соответствующими значениями ширины судов, по которым проводилось имитационное моделирование плавания в сложных условиях.

Для обобщения и анализа базы данных результатов проводок судов различных типов в определенных условиях (ветер траверзных направлений до 10–12 м/с и течений до 0,5 уз) при одинаковых составах команд судоводителей были сформированы временные ряды вида

$$Y[i] = (M_{Xi} + M_{Bi}) / \text{Ш}_{Ci}$$

$$Z[i] = (D_{Xi} + D_{Bi})^{0.5} / \text{Ш}_{Ci}$$

где  $M_{Xi}$  – математическое ожидание смещения центра масс судна относительно оси назначенного фарватера (полосы движения);  $M_{Bi}$  – математическое ожидание изменчивости ширины маневренной полосы движения судна;  $\text{Ш}_{Ci}$  – ширина судна;  $D_{Xi}$  – дисперсия изменчивости смещения центра масс судна относительно оси назначенного фарватера (полосы движения);  $D_{Bi}$  – дисперсия изменчивости ширины маневренной полосы движения судна;  $i$  – количество судов.

Далее был проведен типовой статистический анализ временных рядов  $Y[i]$  и  $Z[i]$ , определяющих качество управления судами в различных условиях.

При этом было выявлено новое свойство некоторой статистической устойчивости ряда оценок  $Y[i]$  и

$Z[i]$ : первые и вторые моменты расщеплений этих временных рядов являются в статистическом смысле однородными.

Это позволило в единой шкале измерений обобщить все результаты имитационного моделирования и получить достаточно надежные результаты оценки навигационных рисков как функции параметров судна, качества управления, ширины фарватера на прямых участках и в районах циркуляций.

Для обобщения параметров качества управления судном необходимо было доказать статистическую инвариантность основных оценок временных рядов  $Y[i]$  и  $Z[i]$ , отражающих изменчивость параметров управления, полученных при имитационном моделировании проводок судов различных типов. На этом основании можно оценить обобщенную модель навигационных рисков, а также:

- определить допустимые значения ширины подходного канала для определенных типов судов;
- оценить навигационные риски судовождения по подходным путям;
- оценить необходимость буксирного сопровождения проводок и т. п.

Факт однородности статистических характеристик параметров, характеризующих качество управления кораблем, можно пояснить тем, что в качестве судоводителей выступают одни и те же специалисты, являющиеся лоцманами 1-го класса с колоссальным опытом проводок в имитируемом районе, навигационно-гидрографические и гидрометеорологические условия которого хорошо известны и принимаются с ограничениями, принятыми при эксплуатации судов.

Кроме того, само имитационное моделирование осуществлялось с использованием современных сертифицированных тренажеров фирмы «Транзас»: Методы построения моделей судов различных типов универсальны, методы доказательства адекватности моделей реальным объектам судов одни и те же и т. п.

Все сказанное, на наш взгляд, и является пояснением выявленной инвариантности и однородности параметров, характеризующих качество управления различными судами при плавании в сложных условиях.

Дальнейший комплексный статистический анализ проводился по принятым в математической статистике методам.

Комплексный статистический анализ временных рядов  $Y[i]$  и  $Z[i]$ , характеризующих качество управления судном, позволил сделать выводы о том, что они являются статистически независимыми и распределенными по нормальному закону, а их статистические

моменты, определенные по ансамблю реализаций, имеют значения, приведенные в табл. 1.

Таблица 1

**Статистические моменты временных рядов  $Y[i]$  и  $Z[i]$**

Статистический момент	Величина
Математическое ожидание временного ряда $Y[i]$ , $M_Y$	1,472
Среднее квадратическое отклонение временного ряда $Y[i]$ , $\sigma_Y$	0,15
Математическое ожидание временного ряда $Z[i]$ , $M_Z$	0,61
Среднее квадратическое отклонение временного ряда $Z[i]$ , $\sigma_Z$	0,21

На рис. 1 приведена гистограмма процесса  $Y[i] = (M_{Xi} + M_{Bi}) / \text{Ш}_{Ci}$  с ее аппроксимацией кривой нормального распределения.

На рис. 2 приведена гистограмма процесса  $Z[i] = (D_{Xi} + D_{Bi})^{0.5} / \text{Ш}_{Ci}$  с ее аппроксимацией кривой нормального распределения.

При проверке гипотезы нормальности распределения с использованием критериев Колмогорова–Смирнова и непараметрического критерия Шапиро – Вильниксера оказалось, что гипотеза нормальности закона распределения случайных величин  $Y[i]$  и  $Z[i]$  может быть принята с вероятностью  $P = 0,89$ .

Подстановка полученных оценок в выражение, используемое для вычисления навигационных рисков, позволяет в общем виде решить задачу их оценки:

$$R_0 = 1 - 2\Phi((\text{Ш}_\Phi - M_Y \text{Ш}_C) / \sigma_0), \quad (1)$$

где  $M_Y$  – математическое ожидание временного ряда  $Y[i]$ ;  $\sigma_0 = \sqrt{\sigma_Z^2 + M_Z^2 + \sigma_Y^2}$ ;  $\Phi$  – функция Лапласа;  $\text{Ш}_C$  – ширина судна;  $\text{Ш}_\Phi$  – ширина фарватера.

С учетом полученных числовых значений (см. табл. 1) это выражение примет вид

$$R_0 = 1 - 2\Phi((\text{Ш}_\Phi - 1,47\text{Ш}_C) / 0,66\text{Ш}_C). \quad (2)$$

Обобщенная модель оценки навигационных рисков при плавании судов в сложных навигационных условиях получена по данным математического имитационного моделирования проводки судов шириной от 14 до 59 м, ширине фарватера 140–220 м в условиях мелководья, при траверзных курсовых углах течений, не превышающих по скорости 0,5 уз и при траверзных курсовых углах ветра, не превышающего 12,0 м/с.

Сравнительные результаты оценки навигационных рисков, полученных с использованием обобщенной модели рисков и с применением имитационного моделирования при обосновании допустимой ширины подходных путей при заходе в один из портов Финского залива представлены в табл. 2.

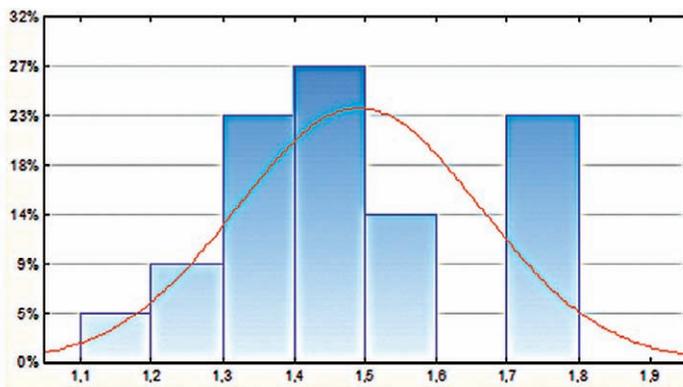


Рис. 1. Гистограмма процесса  $Y[i] = (M_{X_i} + M_{B_i}) / \text{Ш}_{C_i}$

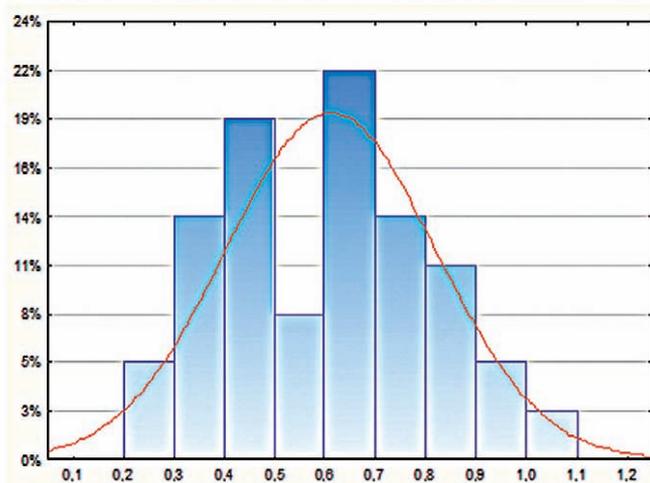


Рис. 2. Гистограмма процесса  $Z[i] = (D_{X_i} + D_{B_i})^{0.5} / \text{Ш}_{C_i}$

Таблица 2

**Сравнительные результаты оценки навигационных рисков, полученных с использованием обобщенной модели рисков и с применением имитационного моделирования**

Тип судна, (длина×ширина×осадка), м	Ш <sub>ф</sub> , м	Потенциальный риск R <sub>п</sub>	Имитационное моделирование R
Контейнеровоз (240×32,5×10)	140	~0	~0
Контейнеровоз (277×40×13)	185	~0	0,005
Контейнеровоз (347×43×14)	185	~0	0,008
Контейнеровоз (399×59×16)	200	0,004	0,006
Контейнеровоз (399×59×16)	220	~0	~0

Как следует из представленных результатов, оценки навигационных рисков, полученные по обобщенной модели и с использованием имитационного моделирования, практически совпадают.

Идентификация обобщенной модели навигационных рисков, которая основана на анализе и обобщении результатов всех проводок судов с применением имитационного метода моделирования, позволила повысить

надежность и достоверность результатов оценки навигационных рисков. Одним из достоинств метода обобщенной оценки навигационных рисков является то, что появилась реальная возможность предварительной количественной оценки навигационной безопасности плавания в любом заданном районе.

Кроме того, использование обобщенной модели оценки навигационных рисков позволяет решать прямую и обратную задачи прикладной теории вероятностей, т. е. определять ожидаемые уровни навигационных рисков для определенных типов судов при заданных навигационно-гидрографических и гидрометеорологических условиях района плавания, а также определять допустимые параметры этих условий при заданных значениях навигационного риска.

Обобщенная модель оценки навигационных рисков, связывающая параметры качества управления судном с ожидаемыми рисками, может быть использована как эталонная для количественного оценивания умений и навыков судоводителей, которые проходят тренажерную подготовку по управлению судном в сложных навигационных условиях.

## ВЫВОДЫ

1. Идентификация обобщенной модели навигационных рисков показала, что эта модель целиком и полностью определяется качеством управления заданным судном при буксирном сопровождении проводок, допустимой шириной фарватера, а также зависит от гидрографических и гидрометеорологических условий.

2. Результатами статистического анализа показана однородность и независимость нормированных параметров, характеризующих качество управления судном при буксирном сопровождении проводок при ветрах с траверзных направлений до 12 м/с и течениях до 0,5 уз. Установлено также, что эти параметры являются стационарными нормальными процессами, что и положено в основу построения модели обобщенных рисков.

3. При обосновании обобщенной модели навигационных рисков установлено, что нормированные параметры качества управления судном при ветрах с траверзных направлений до 12 м/с и течениях до 0,5 уз и ширине судна от 14 до 59 м мало зависят от типов и размеров судов.

4. Обобщенную модель навигационного риска можно использовать для решения прямой и обратной задачи прикладной теории вероятностей, т. е. для заблаговременного оценивания ожидаемых значений навигационных рисков при заданных навигационно-гидрографических условиях, а также определять необходимую ширину фарватера и подходящих путей.

## ЛИТЕРАТУРА

- Guidelines for Formal Safety Assessment (FSA) for Use in the IMO Rule-making Process. – MSC/Circ/1023, MERC / Circ.392, 5 April 2002.
- Risk Analysis for Sea Traffic in the Area Around Bornholm. Søfartsstyrelsen, January 2008.
- Passenger Ship Safety: Effective Voyage Planning for Passenger Ships FSA. – Large Passenger Ships – Navigational Safety Submitted by Norway. Sub-committee on Safety of Navigation, 51 st Session. Nav 51/104 March 2005.
- Некрасов С. Н., Прохоренков А. А. Комбинированный метод оценки навигационной безопасности при плавании по внутренним водным путям // Журнал университета водных коммуникаций. – СПб., СПГУВК, 2011.
- Груздев Н. М. Математическая обработка и анализ навигационной информации. – М.: Воениздат, 1979.
- Выгодский М. Я. Справочник по высшей математике. – М.: Наука, 2002.
- Смирнов Н. В. Курс теории вероятности и математической статистики (для технических приложений). – М.: Наука, 1969.

Одной из важных задач при оценке состояния судовых технических средств является прогнозирование развития ситуации (состояния подконтрольного объекта) по результатам анализа текущих измерений параметров его функционирования. В данном случае важно получить ответы на вопросы, появился ли устойчивый тренд изменения параметров в направлении предельно допустимых значений, и если «да», то когда эта аварийная ситуация произойдет.

Временной ряд представляет собой набор данных, описывающих объект в последовательные равноотстоящие моменты времени. Если исходные данные относятся к различным моментам времени, то традиционный подход состоит в аппроксимации данных кубическим сплайном и в использовании интерполированных отсчетов на равномерной сетке.

Основными характеристиками прогноза состояния объекта по результатам измерений являются его точность и достоверность. Для оценки качества прогноза один из основателей прогностики Г. Тейл предложил использовать коэффициент расхождения (или коэффициент несоответствия), представляющий собой отношение среднеквадратической ошибки прогноза и среднеквадратической оценки рассеяния исходного ряда.

Методы прогнозирования по своему информационному основанию делятся на три класса. *Фактографические методы* базируются на имеющемся информационном материале об объекте прогнозирования и его прошлом развитии. *Экспертные методы* базируются на информации, обеспечиваемой систематизированными процедурами выявления и обобщения мнений специалистов-экспертов. *Комбинированные методы*, к ним относятся методы со смешанной информационной основой, используют как фактографическую, так и экспертную информацию. В действительности, любой прогноз основывается на экспертной информации, хотя бы в части предположений о неизменности условий протекания изучаемого процесса на каком-то временном отрезке в будущем.

Наиболее распространенными и разработанными при фактографическом прогнозировании являются методы экстраполяции тенденций, в основе которых лежит предположение о том, что рассматриваемый процесс изменения переменной  $x(t)$  представляет собой сочетание нескольких составляющих, регулярных и случайных:

$$x(t) = \sum_{i=1}^r f_i(t) + \xi(t). \quad (1)$$

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ ТЕХНИКО- ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОНТРОЛИРУЕМОГО СУДОВОГО ОБЪЕКТА В СИНГУЛЯРНОМ БАЗИСЕ

**В.А. Колесник**, *д-р техн. наук, проф.*,  
**А.В. Марковский**, *преподаватель*,  
**М.В. Марковский**, *преподаватель*,  
ВМПИ ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия»,  
контакт. тел. +7 (921) 341 8771, +7 (911) 938 2264

Считается, что регулярные составляющие  $f_i(t)$  представляют собой гладкие функции от аргумента  $t$  (в большинстве случаев – времени), которые сохраняют свой вид на промежутке упрощения процесса. Они отвечают интуитивному представлению о какой-то очищенной от помех сущности исследуемого процесса. Сумма регулярных составляющих образует тренд исследуемого процесса. Экстраполяционные методы прогнозирования делают основной упор на выявление наилучшего в том или ином смысле описания тренда и получении прогнозных значений путем их экстраполяции.

Наиболее распространенным вариантом представления (1) является разложение Юла. Оно включает медленную регулярную составляющую (собственно тренд), периодические компоненты с известными, физически обусловленными периодами – сезонные составляющие, периодические компоненты с периодами, определяемыми непосредственно из данных, и чисто случайную составляющую, идентифицируемую как реализацию некоторого стационарного случайного процесса. В более сложных случаях регулярную часть ряда оценивают в виде разложения по некоторому ортогональному базису.

Один из подходов в задаче прогнозирования по фактографическим данным состоит в следующем: пусть имеется  $n$  значений временного ряда измерений некоторого показателя на равномерной сетке с шагом  $\Delta t$ :

$$y_1, \dots, y_n, \quad y_k = y(k\Delta t), \quad k = 1, \dots, n.$$

Рассмотрим конечные разности этого ряда:

$$\begin{aligned} y_k^{(1)} &= y_{k+1} - y_k, \dots \\ \tilde{y}_k^{(l)} &= \tilde{y}_{k+1}^{(l-1)} - \tilde{y}_k^{(l-1)}, \quad k = 1, \dots, n-l \end{aligned}$$

и построим на их основе набор следующих диагностических показателей:

$$\begin{aligned} W_1(k) &= \tilde{y}_k^{(1)}; \quad W_2(k) = \tilde{y}_k^{(2)}; \\ W_3(k) &= \frac{W_1(k)}{y_k^{(1)}}; \quad W_4(k) = \ln W_1(k); \\ W_5(k) &= \ln \frac{W_1(k)}{y_k^{(1)}}; \quad W_6(k) = \ln \frac{W_1(k)}{y_k^2}. \end{aligned}$$

Обычно приведенные диагностические показатели  $W_i$  строят по данным, прошедшим предварительную процедуру сглаживания. Полученные характеристики анализируются по линейности и постоянству уровня. После этого предлагается использовать для прогноза одну из форм тренда, соответствующих известным дифференциальным функциям развития:

- $W_1(k) \approx \text{const}$  – линейная зависимость;
- $W_2(k)$  линейна – парабола;
- $W_2(k)$  линейна – кубическая парабола;
- $W_3(k) \approx \text{const}$  – экспонента;
- $W_3(k)$  линейна – логарифмическая парабола  $y = ab^t c^t$ ;
- $W_4(k)$  линейна – модифицированная экспонента  $y = a - be^{ct}$ ;
- $W_5(k)$  линейна – кривая Гомпертца  $y = ab^t$ ;
- $W_6(k)$  линейна – логистическая кривая  $y = \frac{a^2}{(1 + b \exp(-ct))^2}$ ;
- $k W_3(k) \approx \text{const}$  – степенная функция  $y = at^b$ ;
- $k W_3(k)$  линейно-комбинированная экспонента  $y = e^{at} t^b$ .

Вместо самого исходного ряда часто рассматривают его перестройки в логарифмическом или полулогарифмическом масштабе и замены переменных. Периодические функции лучше выявлять по форме спектральной плотности мощности (СПМ).

К сожалению, этот подход хорошо себя проявляет только в приложении к рядам достаточно простой структуры. В этой связи предлагается выделять регулярные составляющие в (1) на основе приведенных процедур сингулярного анализа; строить для них прогнозы на основе анализа приведенных выше диагностических показателей, а затем собирать из них комбинированный прогноз с оценением весовых коэффициентов, с которыми эти компоненты входят в исходный ряд.

Рассмотрим временной ряд данных, представляющий собой запись случайного сигнала с частотой дискретизации



Рис.1. Временной ряд данных

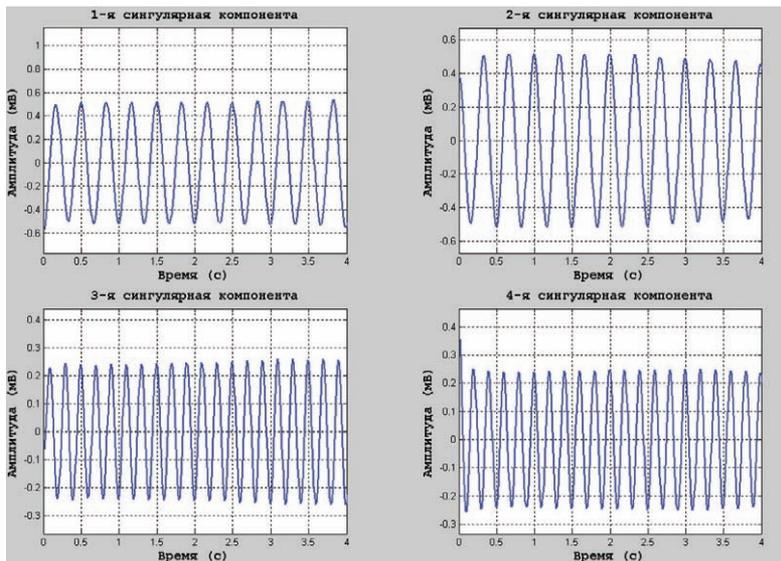


Рис.2. Главные сингулярные компоненты

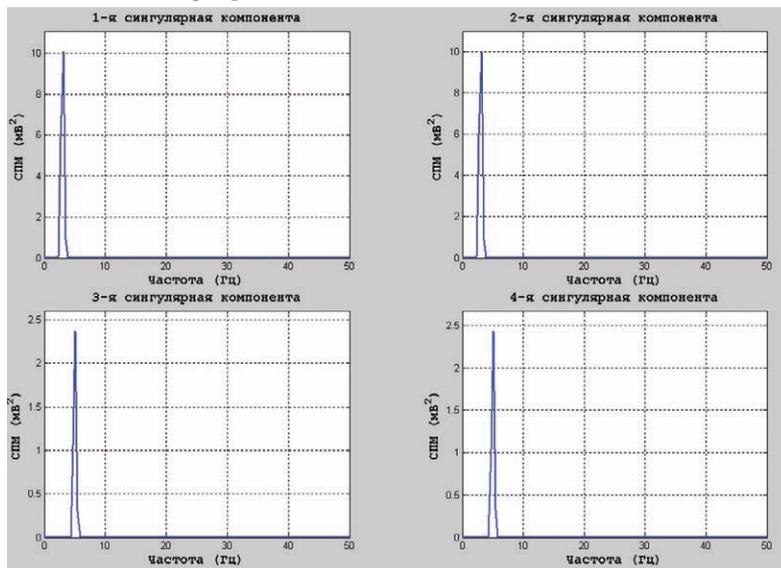


Рис.3. Спектральные плотности мощности выделенных компонент

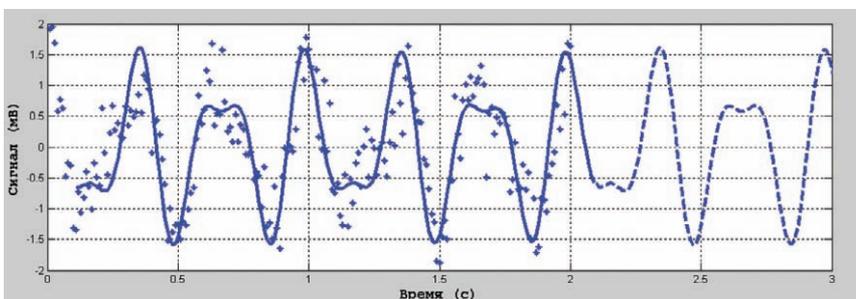


Рис.4. Используемый отрезок временного ряда, его интерполяция и прогноз по 4 сингулярным компонентам

ции 100 Гц. Отрезок этого ряда длиной  $N = 400$  приведен на рис. 1. Ряд анализируется на окне с параметрами  $k = 200$ ,  $L = 256$ .

Выделенные главные сингулярные компоненты приведены на рис. 2. СПМ этих компонент, приведенные на рис. 3, позволяют их идентифицировать как периодические процессы с известными частотами.

Амплитуды  $A$  и фазы  $\varphi$  компоненты  $y_1, \dots, y_n$ ,  $y_k = y(k\Delta t)$ ,  $k = 1, \dots, n$  оцениваются по МНК из линейной модели

$$y_i = A \cos(2\pi f_i \Delta t - \varphi) = A \cos(\varphi) \cos(2\pi f_i \Delta t) + A \sin(\varphi) \sin(2\pi f_i \Delta t) + \varepsilon_i$$

Вклады  $c_1, \dots, c_r$  сглаженных компонент  $\bar{y}_i^{(1)}, \dots, \bar{y}_i^{(r)}$  в исходный ряд  $x_1, \dots, x_N$  можно определить на основе соответствующих им сингулярных чисел, но полученные значения обычно оказываются несколько заниженными, поэтому целесообразнее оценивать их по наблюдаемому отрезку ряда на основе модели

$$x_i = \sum_{j=1}^r c_j \bar{y}_i^{(j)} + \varepsilon_i$$

Поскольку функциональная форма сглаженных сингулярных компонент известна, прогноз составляется как линейная комбинация прогнозов по каждой компоненте. На рис. 4 приведен отрезок исходного ряда, результат его сглаживания и результат прогнозирования по 4 идентифицированным таким образом сингулярным компонентам.

## ВЫВОДЫ

1. Процедура многомерной развертки временного ряда и сингулярного разложения полученной матрицы позволяет выявить во временном ряде специфические базисные компоненты, внутренне присущие именно ему.
2. По выделенным компонентам можно строить одношаговые прогнозы и при рекуррентном повторении процедуры, получать прогноз в непараметрической форме (метод «гусеницы»).
3. Полученные главные компоненты имеют достаточно простую структуру, стандартные методы анализа их конечных разностей позволяют строить для них частные прогнозы в функциональной форме и получать результат в виде линейной комбинации этих частных прогнозов. ■

Стремление заменить автоматом человека не привело к вытеснению из процесса управления техническими средствами. Стало очевидным, что правомерен лишь вопрос о расширении возможностей человека с помощью автоматизированных систем. Такая постановка вопроса повлекла за собой изменение взглядов на проблемы надежности этих систем. При рассмотрении надежности любой системы, где присутствует человек, необходимо учитывать его «надежность». Это особенно актуально для систем с повышенной опасностью последствий отказов, к которым относится комплексная система управления стрельбой.

При рассмотрении влияния человека-оператора на такие системы используют теорию надежности, теорию массового обслуживания и другие теории, изучающие закономерности взаимоотношения человека и машины. Часто попытка дать обобщенное, целостное описание системы «человек – техника» сводится к чрезвычайным упрощениям, когда человек рассматривается как одно из звеньев схемы надежности этой системы. При этом требования системотехников, предъявляемые к инженерным психологам, сводятся к набору характеристик, приписываемых «человеческому компоненту» (передаточная функция оператора, время запаздывания и т. д.). Одинаковая терминология (память, готовность, время) не означает одинакового описания возможностей человека и технических устройств. В отношении человека в принципе нельзя построить описание, равное по достоверности описанию технического устройства.

Вся «личностная» история человека в процессе его целенаправленной деятельности оказывается записанной с помощью лингвистических переменных, обозначенных двоичными символами. При этом выполнении элементарной операции обуславливает эмоциональное состояние оператора. Для исследования надежности технических систем с оператором введем два допущения:

1) появление отказа технической системы и появление ошибки оператора являются независимыми и редкими случайными событиями; появление двух и более одинаковых событий за период  $(t, t+\Delta t)$  применения системы практически невозможно;

2) способности к компенсации (исправлению) ошибок и к безошибочной работе являются независимыми свойствами оператора.

### СИСТЕМЫ С ОТКАЗАМИ ТЕХНИКИ И НЕКОМПЕНСИРУЕМЫМИ ОШИБКАМИ ОПЕРАТОРА

Невозможность компенсации последствий отказов системы управления

## ВООРУЖЕНИЕ И ТЕХНИКА. НАДЕЖНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ОПЕРАТОРОМ

*М.Ю. Храмов, канд. техн. наук,  
первый зам. ген. конструктора – директор НТК-1  
АО «Концерн «Моринформсистема-Агат»,  
контакт. тел. (495) 603 9072*

и ошибок оператора может быть следствием отсутствия обмена информацией между оператором и техническим устройством, недостатками в системе управления и других причин.

Для безотказной работы такой системы необходимо, чтобы технические устройства не отказывали, а оператор не допускал ошибок. Вероятность безотказной работы системы в течение времени  $(t_1, t+\Delta t_1)$ :

$$p_1(t_1, \Delta t) = p_T(t_1, \Delta t) \cdot p_0(\Delta t),$$

где  $p_T(t_1, \Delta t)$  – вероятность безотказной работы технического устройства в течение интервала времени  $(t_1, \Delta t_1)$ ;  $p_0(\Delta t)$  – вероятность безошибочной работы оператора в течение времени  $\Delta t$  при условии безотказной работы технических устройств системы управления;  $t_1$  – общее (накопленное) время эксплуатации системы;  $\Delta t$  – рассматриваемый период (интервал) применения системы с оператором.

Если за период применения системы принять продолжительность смены работы оператора за  $\Delta t$ , которая перед этим в результате профилактических работ к моменту  $t_1$  приведена в рабочее состояние, то указанную выше зависимость можно записать как:

$$p_1(\Delta t) = p_T(\Delta t) \cdot p_0(\Delta t),$$

где  $p_T(\Delta t)$  – вероятность безотказной работы техники.

При постоянной интенсивности отказов системы ( $\lambda = \text{const}$ ) имеем

$$p(\Delta t) = e^{-\lambda \Delta t} \cdot p_0(\Delta t).$$

Системы с некомпенсируемыми последствиями ошибок операторов и отказов техники сравнительно редко встречаются на практике. Надежность таких систем можно считать нижней границей надежности систем «человек–техника».

### СИСТЕМЫ С КОМПЕНСАЦИЕЙ ПОСЛЕДСТВИЙ ОТКАЗОВ ТЕХНИКИ И ОШИБОК ОПЕРАТОРОВ

Операторы могут своевременно исправить часть допущенных ими ошибок или компенсировать их последствия. При условии, что вероятность появления одновременно двух и более ошибок пренебрежительно мала, а последствия каждой ошибки можно мгновенно компенсировать с вероятностью  $p_0$ , вероятность безотказной работы системы «человек–техника» в

течение времени  $\Delta t$  (при условии, что система до начала работы была работоспособной) равна

$$p(\Delta t) = p_T(\Delta t) \cdot [p_0(\Delta t) + q_0(\Delta t)r_0],$$

где  $q_0(\Delta t) = 1 - p_0(\Delta t)$  – вероятность появления ошибки оператора в течение времени  $\Delta t$ ;  $r_0$  – вероятность компенсации оператором последствий допущенных ошибок.

Компенсация последствий ошибок – важный дополнительный путь повышения надежности систем управления с участием оператора. Поэтому введение в конструкцию технических устройств различных видов сигнализаций и приспособлений, облегчающих исправление ошибок, существенно повышает вероятность их компенсации, а следовательно, надежность всей системы «человек–техника».

Эта же компенсация последствий отказов техники в системе также ведет к повышению надежности систем «человек–техника». В этом случае система работает безотказно, если оператор не совершил ошибок, техническое устройство не отказывало или отказывало, но благодаря вмешательству оператора система выполняла свои функции. Вероятность безотказной работы системы в течение времени  $\Delta t$  (при условии, что перед началом работы система была работоспособна) при этом равна

$$p(\Delta t) = p_0(\Delta t) \cdot [p_T(\Delta t) + q_T(\Delta t)r_0],$$

где  $q_T(\Delta t) = 1 - p_T(\Delta t)$  – вероятность отказа техники;  $r_T$  – вероятность компенсации последствий отказа техники.

Система с компенсацией последствий отказов техники и ошибок операторов будет безотказно работать в течение времени  $\Delta t$  (при условии работоспособного состояния до начала  $\Delta t$ ) при следующих возможных случаях:

- 1) техническая система не отказывала и оператор не совершал ошибок;
- 2) техническая система не отказывала, оператор совершил ошибку, но компенсировал ее последствия;
- 3) оператор не совершил ошибки, техника отказывала, но оператор компенсировал последствия отказа и система «человек–техника» выполняла свои функции;
- 4) оператор совершил ошибку, но исправил ее; техника отказывала, но благодаря вмешательству оператора последствия отказов были компенсированы и

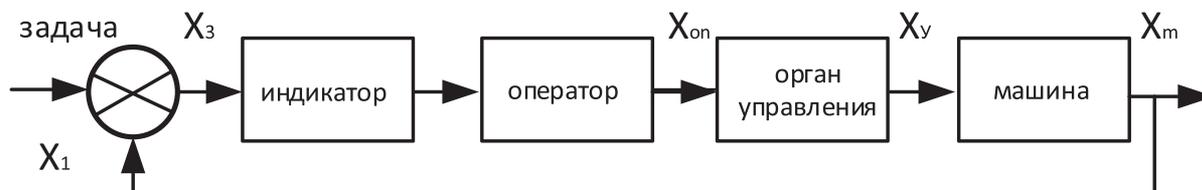


Рис. 1. Структурная схема системы «человек – техника»

Здесь  $x_1$  – входной сигнал систем;  $x_m$  – выходной сигнал (результат);  $x_3 = x_1 - x_m$  – сигнал ошибки (рассогласования);  $x_{оп}$  – реакция оператора;  $x_y$  – команда управления

система «человек–техника» выполняла свои функции.

Вероятность безотказной работы такой системы в течение времени  $\Delta t$

$$p(\Delta t) = [p_0(\Delta t) + q_0(\Delta t)r_0] + [p_T(\Delta t) + q_T(\Delta t)r_T].$$

Значение вероятности  $p_0(\Delta t)$ ,  $r_0$ ,  $r_T$  определяются для конкретной операторской деятельности и конкретных технических систем разными методами:

- расчетным (аналитическим);
- методом статистических проб;
- методом экспертных оценок.

### ДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СИСТЕМЫ С ОПЕРАТОРОМ

Значение вероятности компенсации оператором последствий отказа техники или собственных ошибок определяется динамическими свойствами системы «человек–техника». Эти свойства с определенными допущениями могут быть описаны в терминах теории автоматического управления. Работа оператора при этом рассматривается, как правило, в режиме слежения. Например, оператор непрерывно старается свести к минимуму разность между реальным и требуемым значением выходного сигнала.

На рис. 1 показана структурная схема системы «человек–техника» при управлении техническими устройствами. Динамические характеристики систем в целом будут определять характеристики их составляющих.

Для описания поведения человека-оператора наиболее часто рассматривается функция вида

$$W(p) = \frac{kM(p)}{N(p)} e^{-p\tau},$$

где  $k$  – коэффициент, отображающий уровень подготовки оператора;  $\tau$  –

время запаздывания оператора;  $N(p)$ ,  $M(p)$  – полиномы.

Полином  $M(p)$  отражает способность оператора к учету скорости и ускорения изменения сигнала ошибки и имеет порядок от нулевого до второго.

Полином  $N(p)$  отражает характеристики нервно-мышечной системы человека, свойство фильтрации высокочастотных составляющих, функциональную установку оператора и т. п.

Простейшая передаточная функция оператора при определенных допущениях имеет вид

$$W(p) = \frac{ke^{-p\tau}}{T_1 p + 1}.$$

Наибольшее влияние на свойства системы оказывает запаздывающее звено, моделирующее период реакции человека. Инерционное звено первого порядка (апериодическое) отображает возможность нервно-мускульной системы человека. Постоянная времени  $T_1 \geq 0,1$  с.

Если учесть процесс приспособляемости оператора к реальным условиям и характеристикам управляемого технического устройства, то передаточная функция примет вид

$$W(p) = \frac{ke^{-p\tau}(T_3 p + 1)}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)}.$$

Постоянные времени при этом следующие:  $T_2 \leq 10$  с,  $T_3 \leq 1$  с.

Вследствие индивидуальности оператора реакция на выполнение необходимых действий может быть различной. Как показывает опыт, она составляет от одной секунды до трех. При большой утомляемости или при отсутствии большого опыта даже до 10 с. Время выполнения  $T$  необходимой работы для множества лиц одной специальности является случайной величиной.

Функция распределения этой случайной величины при заданном пределе  $\tau$  имеет вид

$$q(t) = p(T < \tau),$$

как функция переменной  $t$  – заданного времени выполнения работы с плотностью вероятности

$$f(t) = \frac{dq(t)}{dt}.$$

Функцию распределения  $q(t)$  для таких систем можно назвать функцией своевременности. Ее свойства:

- 1)  $q(0) = 0$ , т.е. ни одну работу нельзя выполнить мгновенно;
- 2)  $q(t)$  является непрерывной функцией заданного времени  $t$ ;
- 3)  $q(t) \rightarrow 1$  при  $t \rightarrow \infty$ , т.е. за бесконечное время любая работа может быть выполнена любым коллективом исполнителей.

Для своевременного выполнения работ необходимо, чтобы исполнители не только выдерживали заданные сроки, но и не допускали ошибок. При этом рассматриваются два типа ошибок:

- 1) некомпенсируемые или аварийные – после их появления выполнение работы прекращается;
- 2) компенсируемые – после их появления производятся дополнительные работы по устранению последствий ошибок, в результате чего время выполнения работы увеличивается.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Вентцель Е.С.* Исследование операций. – М.: Высшая школа, 2007.
2. *Кондратенков В.А. и др.* Вопросы теории надежности технических систем. – Смоленск; Русич, 1998.
3. *Храмов М.Ю.* Модель процесса эксплуатации обслуживаемых систем // Вычислительные системы реального времени и цифровые устройства – 2015. – вып. 9 – с. 183–191. ■

## РЕЖИМ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ

Режим САМПО на рабочем месте обучаемых (РМО) в видеокадре (ВК) «Управление УТР» отображается текстом «САМОПОДГОТОВКА», в разделах «Тесты» и «Задания» появляются перечни тестов и заданий, активными являются виртуальные клавиши «Выполнить» и «Выход из УТР». (Здесь УТР – учебно-тренировочный режим).

**Выполнение теста.** Выбор теста на РМО проводится в ВК «Управление УТР» с помощью трекбола выделением строки в списке тестов. В раздел «Содержание» выводится описание теста. После прочтения теста нажимается виртуальная клавиша «Выполнить», начинается отсчет времени и появляется ВК «Выполнение теста», который, как показано на рис. 7, содержит два раздела: «Содержание» и «Варианты ответа»,

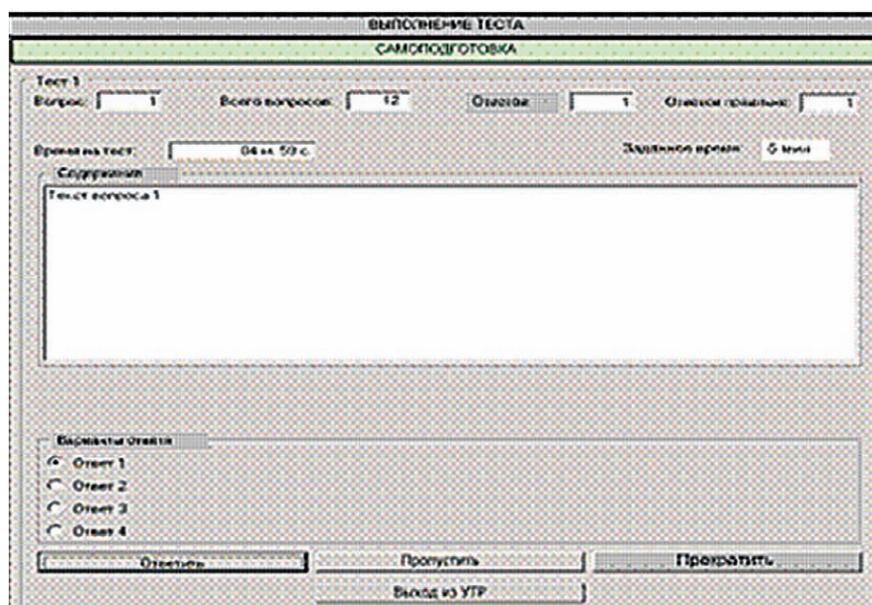


Рис. 7. Видеокадр «Выполнение теста» на РМО

а также четыре активные виртуальные клавиши – «Ответить», «Пропустить», «Прекратить» и «Выход из УТР».

В разделе «Содержание» ВК «Выполнение теста» отображается описание текущего вопроса теста, в разделе «Варианты ответа» – возможные варианты ответов, как правило, от трех до десяти, из которых должен быть выбран один.

Для ответа на вопрос теста необходимо включить индикаторную кнопку и нажать на клавишу «Ответить», которая фиксирует завершение ответа на текущий вопрос и обеспечивает переход к следующему вопросу.

Если обучаемый затрудняется ответить на текущий вопрос, то нажимается клавиша «Пропустить», которая обеспечивает переход к следующему вопросу. В этом случае ответ на текущий вопрос не

\*Часть 1 – см. «Морской вестник», 2016, №2(58), с. 85

## БОРТОВОЙ ТРЕНАЖЕР КСУ ТС ТИПА «ФАУНА» КОРАБЛЕЙ ЗЕЛЕНОДОЛЬСКОГО ПКБ ЧАСТЬ 2\*

**В.Ю. Волков**, ген. директор АО «Зеленодольское ПКБ»,  
**Б.В. Грек**, д-р техн. наук, проф., гл. конструктор,  
**К.Ю. Шилов**, д-р техн. наук, ген. директор,  
 АО «Концерн «НПО «Аврора»,  
 контакт. тел. (812) 702 5971, +7 (921) 425 0690

учитывается, и возврата к пропущенному вопросу теста не предусматривается.

Выполнение теста отображается в ВК в шести информационных полях:

- «Вопрос:» – номер текущего вопроса, на который нужно дать ответ,
- «Всего вопросов:» – общее количество вопросов в тесте,
- «Ответов:» – количество вопросов, на которые даны ответы,

- «Заданное время:» – время, отведенное на выполнение теста,
  - «Время на тест:» – время, затраченное на выполнение теста.
- Выполнение теста закачивается: после ответа на последний вопрос и нажатия на клавишу «Ответить», нажатием на клавишу «Завершить тест», например, команде руководителя.

Тест успешно завершен, если обучаемый дал правильные ответы на все вопросы теста в установленное на их выполнение время.

Клавиша «Выход из УТР» обеспечивает переход СУ ТС в штатный режим.

Руководителю обучения на РМО в режиме САМПО во время сеанса обучения по ВК «Управление УТР» предоставляется возможность контролировать выполнение тестов. Результаты их выполнения в режиме САМПО сохраняются в СПО РМО только на время текущего сеанса УТМ.

**Выполнение задания.** Выбор задания на РМО проводится в ВК «Управление УТР» с помощью трекбола выделением строки в списке заданий. В раздел «Содержание» выводится текст задания. После прочтения содержания задания нажимается виртуальная клавиша «Выполнить», начинается отсчет времени на выполнение задания и появляется ВК «Выполнение задания», в котором, как показано на рис. 8, два раздела: «Содержание» и таблица

- «Ответов правильно:» – количество правильных ответов,

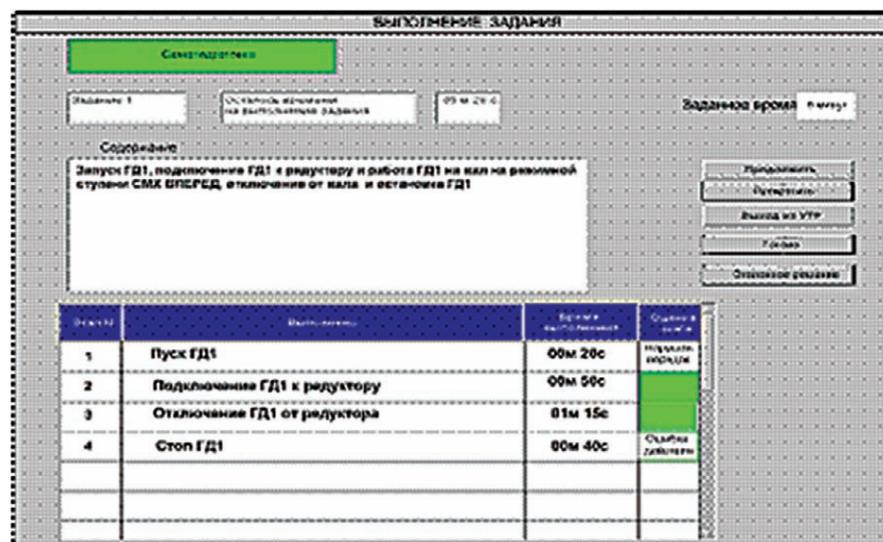


Рис. 8. Видеокадр «Выполнение задания» на РМО

с принятыми решениями, а также пять виртуальных клавиш – «Продолжить», «Прекратить», «Готово», «Эталонное решение» и «Выход из УТР».

На ВК «Выполнение задания» в разделе «Содержание» отображается текст задания, и обучаемый выполняет задание, в зависимости от содержания задания вызывает штатные ВК, к которым подключены модели ТС и СУ ТС.

В таблице с результатами выполнения задания отображаются:

- номер этапа (шага, действия) выполняемого задания;
- наименования выполняемых этапов (шагов, действий);
- время, затраченное на выполнение этапа (шага, действия);
- оценка выполнения этапа (шага, действия) задания.

Выполнение этапов (шагов, действий) задания отображается зеленым цветом в элементах таблицы при их положительной оценке или выдачей сообщений об ошибках, которые допущены обучаемым:

- «Отсутствует ОУ» – неправильно выбран объект управления (ОУ);
- «Ошибка действия» – неправильно выбрана операция (команда);
- «Нарушен порядок» – порядок действий отличается от эталонного.

Автоматическое распознавание перечисленных ошибок операторов зависит от математического аппарата решения задач по управлению ТС.

В двоичной постановке задачи для ОУ известными являются начальное состояние  $S_H(t_H)$  и конечное состояние  $S_K(t_K)$ , совпадающее с эталонным решением  $E(R)$ :  $S_K(t_K) = E(R)$ .

Тогда вектор управления

$$U(L) = A \cdot S_H(t_H) \oplus B \cdot E(R),$$

где « $\oplus$ » – операция сложения по модулю 2 двоичных векторов  $S_H(t_H)$  и  $E(R)$ ,  $A$  и  $B$  – согласующие коэффициенты, « $\cdot$ » – операция двоичного умножения.

Траектория  $L(S_H, S_K)$  перехода ОУ из состояния  $S_H(t_H)$  в состояние  $S_K(t_K)$  представляет собой упорядоченную последовательность состояний:

$$L(S_H, S_K) = L(S_H(t_H), S_K(t_K)) = \langle S_H(t_H), \dots, S(t), S(t+1), \dots, S_K(t_K) \rangle.$$

Изменение состояния ОУ на траектории переключений имеет вид

$$S(t+1) = f(S(t), \Delta U(t)),$$

где  $\Delta U(t)$  – управляющее воздействие оператора в момент времени  $t$ ;  $f$  – преобразование, которое зависит от вида  $\Delta U(t)$  на  $L(S_H, S_K)$ .

Тогда сообщения об ошибочных управляющих воздействиях  $\Delta U(t)$ , допускаемых оператором, формируются при выполнении следующих условий:

- «Отсутствует ОУ», если  $\Delta U(t) \notin U(L)$ ,
- «Ошибка действия», если  $S(t+1) \notin L(S_H(t_H), S_K(t_K))$ ,
- «Нарушен порядок», если

$$\langle S(t), S(t+1) \rangle \notin L(S_H(t_H), S_K(t_K)).$$

Возможность вызова эталонного решения предоставляется обучаемому для проверки правильности подаваемых команд управления ТС. Просмотр эталонного решения осуществляется нажатием клавиши «Эталонное решение», тогда в таблице результатов отображаются все этапы, шаги и действия, которые должны быть выполнены без оценки действий обучаемых. Для дальнейшего выполнения задания нажимается клавиша «Продолжить».

Выполнение задания отображается на ВК в трех информационных полях:

- «Результат выполнения задания» – общая оценка действий;
- «Заданное время:» – время, назначенное на выполнение задания;
- «Осталось времени на выполнение задания:» – время, затраченное обучаемым на выполнение задания.

По завершении выполнения задания нажимается клавиша «Готово».

Чтобы прервать выполнение задания, например, из-за ошибок или по команде руководителя обучения, нажимается клавиша «Прекратить». Производится переход в ВК «Управление УТР», в котором отображаются результаты выполненного задания.

Задание является успешно выполненным, если обучаемый выполнил правильные действия в установленное для этого время.

Режим САМПО завершается нажатием клавиши «Выход из УТР».

Руководителю обучения на РМО в режиме САМПО во время сеанса обучения по ВК «Управление УТР» предоставляется возможность контролировать выполнение заданий. Результаты выполнения заданий в режиме САМПО сохраняются в СПО РМО только на время текущего сеанса УТМ.

## РЕЖИМ ТЕСТИРОВАНИЯ

В режиме ТЕСТ на РМО в ВК «Управление УТР» в информационном поле вида режима отображается текст «ТЕСТИРОВАНИЕ», активными являются клавиши «Выполнить» и «Выход из УТР». Засветкой строки в выпадающем перечне раздела «Тесты» руководитель задает номер теста на выполнение, в разделе «Содержание» выводится описание теста и внизу ВК открываются шесть информационных полей, характеризующих его выполнение.

Обучаемый, получив тест, отвечает на вопросы аналогично режиму САМПО с использованием ВК «Выполнение теста» и получает оценку за его выполнение.

Тесты назначаются руководителем обучения последовательно в количестве, необходимом по мнению руководителя.

При назначении руководителем обучения очередного теста в ВК «Управ-

ление УТР» появляется очередная выделенная строка и в информационном поле «Содержание» появляется описание очередного назначенного теста. Обучаемый на РМО вызывает ВК «Выполнение теста» и отвечает на вопросы очередного теста аналогично предыдущему.

Руководитель на РМО по ВК «Управление УТР» ведет текущий контроль выполнения тестов обучаемыми по ответам, которые передаются на РМО. Результаты тестирования анализирует руководитель обучения по ВК «Отчет о выполнении задания», вызывая данные, записанные в БД УТР.

## РЕЖИМ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ ТС

В режиме ТРЕНИРОВКА на РМО в ВК «Управление УТР» в информационном поле вида режима отображается текст «ВЫПОЛНЕНИЕ ЗАДАНИЯ», активными являются клавиши «Выполнить» и «Выход из УТР». Засветкой строки в выпадающем перечне раздела «Задания» обучаемый получает от руководителя номер задания на тренировку, в раздел «Содержание» выводится описание задания и внизу ВК «Управление УТР» открываются три информационных поля, характеризующих его выполнение.

Обучаемый, получив задание на тренировку, выполняет его аналогично режиму САМПО с использованием штатных ВК и ВК «Выполнение задания». Просмотр эталонного решения на РМО в режиме ТРЕНИРОВКА невозможен, клавиша «Эталонное решение» неактивна. По завершении выполнения задания обучаемый получает доступ к своим результатам.

При выполнении заданий под руководством руководителя обучаемые не имеют доступа к эталонным решениям. Доступными для них являются только результаты выполненных заданий на тренировки.

Руководителю обучения в процессе выполнения тренировки предоставляется возможность прерывания выполнения заданий для изменения текущего состояния ОУК, периферийных устройств СУ ТС и технологических параметров управления, а также последующего продолжения выполнения задания по управлению ТС.

Проведение тренировки включает регистрацию управляющих воздействий обучаемого и значений контролируемых параметров, сохранение протокола выполнения задания в БД УТР.

Руководитель обучения контролирует выполнение заданий по решениям, которые формируются на РМО и передаются на РМО по протоколу УТР для просмотра, а по окончании сеанса обучения – записываются в БД УТР. По завер-

шении выполнения задания руководитель обучения в устной форме сообщает обучаемому результаты тренировки.

Результаты выполненного задания отображаются в ВК «Управление УТР», в котором обучаемый ожидает очередное задание от руководителя обучения. Задания назначаются с РМО последовательно в количестве, необходимом по мнению руководителя.

Очередное задание поступает от руководителя обучения путем выделения очередной строки в разделе «Задания». Обучаемый нажимает клавишу «Выполнить», начинается отсчет времени, и выполняется задание.

Руководитель на РМО по ВК «Управление УТР» ведет текущий контроль выполнения заданий обучаемыми по решениям, которые передаются на РМО. Анализ выполненных заданий проводится руководителем обучения по ВК «Отчет о выполнении задания» по данным, записанным в БД УТР, который вызывается из ВК «Управление УТР» путем нажатия на клавишу «Отчет».

Средний возраст транспортных судов водного транспорта России (на 1 января 2016 г.) составил: грузовых самоходных сухогрузных (903 ед.) – 39,7 лет; грузовых самоходных наливных (659 ед.) – 40,5 лет; пассажирских и грузопассажирских (1405 ед.) – 34,2 года; буксиров-толкачей (4358 ед.) – 38 лет; грузовых несамоходных сухогрузных (4258 ед.) – 34,3 года; грузовых несамоходных наливных (695 ед.) – 32,9 года.

Понятно, что в связи со старением флота, нарастанием проблем с достоверной оценкой состояния, массовыми изменениями условий эксплуатации существующих судов (переклассификации, изменения районов плавания, изменения назначения, увеличения грузоподъемности) сегодня остается актуальной задача получения прямых расчетных оценок не только общей, но и местной прочности корпусов судов внутреннего плавания (СВП) и смешанного плавания (ССП) в их фактическом состоянии.

Решению задачи расчета фактической местной прочности морских судов с использованием нормативной базы Российского морского регистра судоходства (РС) были посвящены работы проф. Г. В. Бойцова [1, 4] и проф. А. И. Максидаджи [2].

Однако для речных судов подобная задача не решалась, и в действующих Правилах РРР такой методики нет.

Цель статьи – разработка основ методологии проверочных расчетов фактической местной прочности конструкции корпусов СВП и СПП.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Бортовой тренажер создан на штатных аппаратных средствах КСУ ТС типа «Фауна» и обеспечивает поддержание у личного состава умений, операторских функций и практических навыков по использованию ТС в повседневных условиях, боевых режимах и аварийных ситуациях.

2. Принципы, используемые при создании БТ в составе КСУ ТС типа «Фауна», обеспечивают выполнение требований по безопасности и безаварийной эксплуатации ТС корабля, а также эффективности и качеству подготовки операторов по использованию ТС за ПУ штатных СУ ТС.

3. В состав БТ входят РМО на основе ПУ функциональных СУ ТС и РМО на основе ПУ ЦКСУ, обмен данными между которыми производится по штатной сети Ethernet в соответствии с протоколами УТР.

4. Подготовка операторов на БТ ведется в режимах САМПО, ТЕСТ и ТРЕНИРОВКА путем выполнения тестов и учебных заданий, разработанных АО «Зеленодольское ПКБ». Руководитель

обучения ведет подготовку операторов по одной и более специальностям, обрабатывает УТМ с несколькими ОУК и аппаратурой СУ, действия обучаемых при совместном использовании ТС.

5. Основные компоненты СПО УТР, база данных, видеокадры и средства навигации по выполнению УТМ обеспечивают управление УТР, выполнение на РМО тестов и заданий на тренировку, текущий контроль на РМО выполняемых УТМ и анализ подготовки личного состава по данным из архива УТР.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Информационно-управляющие человеко-машинные системы. Исследование, проектирование, испытания: Справочник/Под ред. А. И. Губинского, В. Г. Евграфова. – М.: Машиностроение, 1993.
2. Грек Б. В., Сурич С. Н. Комплексная система управления техническими средствами «Фауна» малого артиллерийского корабля «Астрахань»//Морская радиоэлектроника. – 2007 – № 2 (20). – С. 36–41.
3. Шилов К. Ю., Кобзев В. В. Методы создания технических средств обучения корабельных операторов. – СПб.: Наука, 2005. – 156 с. ■

## РАСЧЕТ МЕСТНОЙ ПРОЧНОСТИ КОРПУСОВ СУДОВ ВНУТРЕННЕГО И СМЕШАННОГО ПЛАВАНИЯ С УЧЕТОМ ФАКТИЧЕСКИХ ИЗНОСОВ

Г. В. Егоров, д-р техн. наук, проф., ген. директор,  
О. Г. Егорова, мл. науч. сотрудник, ООО «Морское Инженерное Бюро-СПб»,  
контакт. тел. (812) 232 8538

В соответствии с [6] техническое состояние изношенного корпуса СВП или СПП считается годным (остаточная прочность достаточна для эксплуатации до следующего очередного освидетельствования), если выполняются следующие требования:

– средние остаточные толщины групп  $t_{гр}$  связей не менее указанных в табл. 3.5.3 [6] по условию  $t_{гр} > K_{гр} t$ , где  $K_{гр} = 0,55–0,90$  – коэффициент допускаемого уменьшения средней толщины группы (зависящий от степени участия связи в общем изгибе),  $t$  – проектная толщина элементов корпуса;

– параметры вмятин не более указанных в табл. 3.5.4 [6];

– минимальные остаточные толщины  $t_i$  листов обшивки не менее указанных в табл. 3.5.5 [6] по условию  $t_i > t_{мин}$ , где  $t_{мин} = 2,5–7,5$  мм – минимально допускаемая толщина элементов корпуса в эксплуатации (зависящая от типа связи, длины  $L$  и класса судна);

– выполнены требования п. 3.5.6 в отношении геометрических параметров вмятин, бухтин, гофрировок, ос-

точных площадей поперечных сечений балок  $f_i$  (по условию  $f_i > K_b f$ , где  $K_b = 0,5–0,7$  – коэффициент допускаемого уменьшения площади,  $f$  – построечная величина площади сечения балки), язвин, канавочного износа и ряда качественных характеристик состояния (отсутствия признаков перелома корпуса, потеря устойчивости книц продольного набора, обеспечение водонепроницаемости, отсутствия трещин и разрывов).

Прямые расчеты общей прочности корпуса с учетом износа и деформаций являются обязательными для СПП, имеющие возраст 15 лет и более, а также допускаются по желанию судовладельца для СВП, имеющих износы или местные деформации конструкций, превышающие нормируемые в [6] границы. Такая проверка осуществляется в рамках критерия предельной прочности с нормативными коэффициентами запаса  $K_{годн} = 1,15–1,27$  (в зависимости от класса судна) согласно Приложению 1 [6] путем сравнения величины предельного изгибающего момента «фибровой теку-

**Значения коэффициентов допускаемых напряжений для расчетов фактической местной прочности корпусов СВП и ССП (для судов I группы в средней части)**

Наименование и характеристика связей корпуса	Характеристика расчетных напряжений от нагрузок	Нормируемые значения допускаемых напряжений в долях от опасных напряжений
Продольные непрерывные комингсы судов, перевозящих грузы на люковых крышках и на палубе, а также карлингсы и кильсоны	Суммарные нормальные напряжения от общего изгиба и от изгиба перекрытий: в пролете на опоре	1,05 1,33
Продольные балки (неразрезные ребра жесткости) палубы и днища	Суммарные нормальные напряжения от общего и местного изгиба: в пролете на опоре	1,19 1,33
Продольные балки (неразрезные ребра жесткости) бортов	Суммарные нормальные напряжения от общего и местного изгиба: в пролете на опоре	1,31 1,46
Продольные балки (неразрезные ребра жесткости) второго дна	Суммарные нормальные напряжения от общего и местного изгиба: в пролете на опоре	1,62 1,81
Обшивка днища и настилы палубы	Нормальные напряжения от местной нагрузки: в пролете на опоре	1,25 1,48
Обшивка борта	Нормальные напряжения от местной нагрузки: в пролете на опоре	1,42 1,68
Настил второго дна	Нормальные напряжения от местной нагрузки: в пролете на опоре	1,89 2,25
Поперечный рамный набор корпуса: флоры, рамные шпангоуты и бимсы	Нормальные напряжения от местной нагрузки: в пролете на опоре	1,43 1,62
Поперечный холостой набор корпуса: днищевые и бортовые шпангоуты, бимсы и связи внутреннего дна при поперечной системе набора	Нормальные напряжения от местной нагрузки: в пролете на опоре	1,62 1,81
Продольные и поперечные переборки (в том числе и стенки цистерн): – рамные стойки и шельфы – холостые стойки (ребра жесткости) – листы продольных непроницаемых переборок – листы поперечных непроницаемых переборок и внутреннего борта	Нормальные напряжения от местной нагрузки: в пролете на опоре в пролете на опоре в пролете на опоре в пролете на опоре	1,62 1,72 1,62 1,81 1,51 1,69 2,01 2,25
Стенки балок рамного набора	Касательные напряжения в сплошных сечениях Нормальные напряжения в районе вырезов Касательные напряжения в районе вырезов	1,51 1,81 1,51

Примечания: 1. В расчетах прочности корпуса судна при подъеме из воды и спуске на воду, при испытании на непроницаемость и герметичность, а также при затопленном отсеке судна нормируемые значения допускаемых суммарных напряжений (от общего изгиба и от местной нагрузки) необходимо принимать равными для пластин и настилов  $2,25 R_{ен}$ , для балок и ребер  $1,81 R_{ен}$ .  
2. Для изолированных работающих связей (пиллерсы и раскосы), проверяемых на устойчивость, нормируемые значения допускаемых напряжений при сжатии должны быть не более  $R_{ен}$ .

$$P_{max} = a_p \sqrt{\ln(N)} = a_p \sqrt{\ln(T_3/T_B)}$$

где  $a_p$ ,  $b_p$  – параметры закона Вейбулла;  
 $b_p = 1$ ,  $N$  – число циклов нагрузки;  $T_3$  –

оставшийся срок службы судна (для СВП принят от 38 лет до 1 года, для ССП – от 25 лет до 1 года);  $T_B = 4 \lg L$  –

части» поперечного сечения корпуса с учетом фактических износов и деформаций  $M_{пр экс} = W_{пр экс} \sigma_{он}$ , где  $W_{пр экс}$  – соответствующий момент сопротивления сечения,  $\sigma_{он}$  – опасные напряжения, с нормативной величиной предельного момента  $K_{годн} M_p$ , где  $M_p = M_{тв} + M_B$  – наибольший расчетный изгибающий момент, возникающий в данном сечении корпуса под действием нагрузки на тихой воде  $M_{тв}$  и дополнительных усилий на волнении  $M_B$ .

Следует заметить, что иных нормативных требований к прямым расчетам остаточной прочности корпусов судов в Правилах РРР нет.

Для оценки фактической местной прочности элемента корпуса СВП и ССП необходимо решить три задачи строительной механики: задать расчетные нагрузки, определить внутренние усилия в конструкции и нормировать.

Действующие Правила РРР построены на основе известной и привычной схемы расчетов прочности по допускаемым напряжениям в упругой стадии с заданием конструкций в стержневой идеализации, соответственно было бы логично на первом этапе анализа расчетные схемы Правил не менять (вторая проблема решена).

РРР нормирует при расчетах местной прочности расчетные внешние нагрузки  $p$  и допускаемые при воздействии этих нагрузок в конструкции судна нормальные  $[\sigma] = K_\sigma K_H R_{ен}$  и касательные  $[\tau] = 0,57 K_\tau K_H R_{ен}$  напряжения для корпуса на начало срока службы, т. е. без износа. При этом  $R_{ен}$  – предел текучести материала,  $K_\sigma = 0,50-0,95$  и  $K_\tau = 0,60-0,80$  – коэффициенты допускаемых напряжений согласно табл. 2.2.68 [5] для нового корпуса,  $K_H$  – коэффициент использования механических свойств стали.

При определении наибольшей расчетной внешней нагрузки анализируются составляющие, имеющие различную природу и различную изменчивость. В их числе – нагрузки от груза, балласта, запасов, забортной воды, испытательного напора, аварийного затопления, волнения, слеминга.

Для расчетов местной прочности существующих судов с фактическим износом можно применять расчетные нагрузки по Правилам. Однако такой подход будет давать несколько завышенные величины для нагрузок, имеющих выраженный случайный характер, например волновых, так как максимальный выброс такой величины зависит от числа ее реализаций. Соответственно, чем короче оставшийся отрезок времени службы судна, тем меньше становится «выброс» волновой нагрузки  $P_{max}$ . Для долговременных волновых распределений  $P_{max}$  можно описать законом Вейбулла в виде

средний волновой период,  $L$  – длина судна.

В табл. 1 представлено относительное изменение  $P_{\max}$  в виде отношения к данной величине для нового корпуса СВП и ССП

$$k_p = \frac{P_{\max}(T_3)/P_{\max}(T_0)}{\ln(T_3/T_0)/\ln(T_0/T_0)} = \ln(T_3/T_0)/\ln(T_0/T_0)$$

Таблица 1

**Коэффициент уменьшения расчетных волновых нагрузок  $k_p$**

Остаточный срок службы $T_3$ , годы	СВП	ССП
38	1,000	-
30	0,971	-
25	0,977	1,000
20	0,966	0,988
10	0,928	0,950
5	0,891	0,911
2	0,815	0,834
1	0,804	0,823

Таким образом, при расчетах местной прочности судов для обоснования эксплуатации на 5 лет величины волновых нагрузок, взятые по Правилам РРР для новых судов, могут быть уменьшены на 9–11%, что вполне согласуется с принятыми в аналогичной процедуре РС [4] величинами.

Решая третью проблему, следует учесть, что в Правилах РРР заданы коэффициенты  $K_\sigma$  и  $K_\tau$  для пластин и балок нового корпуса и их следует откорректировать с учетом норм допускаемых износов связей для групп связей (коэффициентов  $K_{ГР}$  и  $K_B$ ). Например, для пластин, проверку наибольших напряжений при изгибе которых производят, как правило, по формуле  $\sigma = 5p(b/100t)^2$ , так как большинство пластин СВП и ССП имеют соотношение сторон опорного контура больше двух и где  $b$  – короткая сторона опорного контура,  $p$  – расчетное давление.

Зная норматив толшины пластины  $K_{ГР} t$ , получаем, что опасные для эксплуатации на последующие 5 лет напряжения могут быть определены как  $[\sigma]_3 = K_\sigma R_{eH}/K_{ГР}^2 = 1,23-2,37 K_\sigma K_n R_{eH}$ .

Коэффициенты допускаемых напряжений для пластин при обосновании достаточности их остаточной прочности на 5 лет можно записать как  $K_{\sigma 3} = K_\sigma/K_{ГР}^2$ .

Для задач, связанных с другими значениями остаточного срока службы  $T_3$ , и считая, что скорость износа постоянна по времени, коэффициенты допускаемых напряжений будут определяться по формулам

$$K_{\sigma 3} = K_\sigma/K_{\text{ЭГР}}^2,$$

где  $K_{\text{ЭГР}} = K_{ГР} - (1 - K_{ГР})/T_0(5 - T_3)$ ,  $T_0$  – нормативный (полный) срок службы судна.

Например, при проведении обновления судна на уровень VI ( $T_3 = 15$  лет)

и при сроке службы  $T_0 = 25$  лет  $K_{VI ГР} = K_{ГР} + 0,5(1 - K_{ГР})$ .

Для балок нормальные и касательные напряжения определяются как

$$\sigma = M/W \text{ и } \tau = N/f,$$

где  $M$  и  $N$  – наибольшие значения изгибающего момента и перерезывающей силы, возникающие под действием  $P_{\max}(T_3)$ ;  $W = C_w^{1.5} f^{1.5}$  – момент сопротивления поперечного сечения балки,  $C_w$  – удельная площадь по моменту сопротивления.

Отсюда опасные для эксплуатации на последующие 5 лет напряжения в балках могут быть определены как

$$[\sigma]_3 = K_\sigma K_n R_{eH}/K_{ГР}^{1.5} = 1,17-1,91 K_\sigma K_n R_{eH}$$

и

$$[\tau]_3 = K_\tau K_n R_{eH}/K_{ГР}^{1.5} = 1,17-1,91 K_\tau K_n R_{eH}$$

Коэффициенты допускаемых напряжений для балок при обосновании достаточности их остаточной прочности на 5 лет можно записать как  $K_{\sigma 3} = K_\sigma/K_{ГР}^{1.5}$  и  $K_{\tau 3} = K_\tau/K_{ГР}^{1.5}$ .

При расчетах перекрытий и рам в стержневой идеализации коэффициенты допускаемых напряжений определяются так же, как и для балок.

В табл. 2 приведены полученные авторами значения коэффициентов  $K_{\sigma 3}$  и  $K_{\tau 3}$  для набора, обшивки, настила для судов I группы (грузовые СВП всех классов, пассажирские суда, нефтебункеровочные станции, суда технического флота классов «М», «О» длиной 50 м и более, а также все ССП).

Эти результаты прямо вытекают из имеющихся в Правилах РРР нормативов и обеспечивают сохранение тех же результатов оценки состояния корпусов «годное», что и при оценке по [6].

В соответствии с расчетной схемой определения напряжений в упругой стадии Правил РРР для значительного числа связей получены коэффициенты  $K_{\sigma 3} > 1$ .

Подобные последствия применения метода условных измерителей в практических расчетах отмечал еще акад. Ю. А. Шиманский [7].

Такой результат отражает, во-первых, условность принятой расчетной схемы и расчетных нагрузок (коэффициенты  $K_{\sigma 3}$  и  $K_{\tau 3}$  представляют собой условные измерители) и, во-вторых, вполне реальный факт допущения пластических деформаций во многих конструкциях СВП и ССП в эксплуатации.

Следует заметить, что в расчетных схемах, которые применяют физически обоснованные нагрузки [3], при использовании расчетов в упругой стадии по состоянию даже к середине срока службы, например, для пластин второго дна

$K_{\sigma 3}$  достигает 1,5, для пластин наружной обшивки – 1,2.

Порядок расчетов остаточной местной прочности следующий:

1. Определение геометрических характеристик элементов конструкции ( $W, f, t$ ) с учетом износа.

2. Определение расчетных нагрузок с учетом редуцирования волновых нагрузок в зависимости от остаточного срока службы  $T_3$  и коэффициента уменьшения  $k_p$ .

3. Определение напряжения  $\sigma_3$  и  $\tau_3$ , возникающих от действия расчетных нагрузок в изношенной конструкции.

4. Сравнение действующих напряжений с допускаемыми величинами для заданного остаточного срока службы, полученными с помощью коэффициентов допускаемых напряжений  $K_{\sigma 3}$  и  $K_{\tau 3}$ .

**Вывод.** Предлагаемая авторами методика позволяет выполнять прямые проверочные расчеты остаточной местной прочности конструкций судов внутреннего и смешанного плавания с сохранением расчетных схем, принятых в действующих Правилах Регистра.

Ее применение позволяет принимать обоснованные технические решения для изношенных пластин, балок, рам и перекрытий при проведении очередных освидетельствований и при выполнении проектов по обновлению корпусов судов, что в рамках действующей нормативной базы невозможно.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бойцов Г. В., Кудрин М. А. Новые принципы нормирования прочности корпусов судов. – Тр. НТК «Проблемы прочности и эксплуатационной надежности судов» ПЭНС 99. – Владивосток: ДВГТУ, 1999. – С. 4–11.
2. Максимаджи А. И. Нормирование остаточной прочности корпусов морских транспортных судов // Науч.-техн. сб. Российского морского регистра судоходства. – 1999. – Вып. 22. – С. 88–97.
3. Нормы прочности морских судов / Российский морской регистр судоходства, 1991, 95 с.
4. Нормативно-методические указания по расчетам прочности морских судов: сборник нормативно-методических материалов Российского морского регистра судоходства, 2002. – Кн. 11. – 150 с.
5. Правила классификации и постройки судов / Российский речной регистр. – В 5 т. – Т. 2. – Ч. 1 «Корпус и его оборудование». – М.: Российский речной регистр, 2016, с. 8–197.
6. Правила освидетельствования судов в эксплуатации / Российский речной регистр. – В 5 т. – Т. 1. – М.: Российский речной регистр, 2016, с. 239–383.
7. Справочник по строительной механике корабля. – В 3 т. / Под ред. акад. Ю. А. Шиманского. – Т. 3. – Л.: Судпрогиз, 1960. – 799 с. ■

**В**ажное значение при реализации стратегических задач развития ФСПС на море имеет применение современных информационных технологий, обеспечивающих прием и обработку об аварийном объекте от различных источников информации, планирование поисковых и аварийно-спасательных работ, принятие эффективных управленческих решений и осуществление оперативного контроля их выполнения. Органы управления аварийно-спасательных формирований, координационные и аварийно-спасательные центры, задействованные в организации и проведении поисковых и аварийно-спасательных работ на море, существующие спасательные суда и надводные корабли оборудуются данными автоматизированными системами управления. Имеются ведомственные системы информационного обеспечения морских спасательных операций в Министерстве транспорта (рис. 6), Министерстве обороны и МЧС России.

Однако работы по созданию межведомственной автоматизированной системы обмена информацией при проведении морских спасательных операций, как того требуют нормативные документы, должного развития не имеют. Это подтверждается опытом проведения аварийно-спасательных работ в 2014–2015 гг.

В качестве устойчивой тенденции развития поисково-спасательной техники (ПСТ) следует отметить использование на спасательных судах и других видах транспорта различных сменяемых модулей контейнерного типа (противопожарный, водолазный и др.) в зависимости от решаемых задач (рис. 7).

Значительное увеличение номенклатуры представляемой поисково-спасательной техники подтверждают проводимые многочисленные выставки, форумы и салоны (рис. 7). Многообразие типов поисково-спасательной техники свидетельствует о необходимости выполнения работ по ее унификации и стандартизации, необходимости более тщательного проведения испытаний перед ее заказом для нужд различных министерств и ведомств. В качестве примера в таблице приведены некоторые типы разработанных мобильных барокмплексов.

За последние годы ПСТ и технологии активно развиваются на основе применения роботизированных комплексов:

- для предупреждения и ликвидации ЧС природного и техногенного характера;
- для мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды, предотвращения и ликвидации ее загрязнения.

\* Часть 1 – см. «Морской вестник», 2016. №2(58), с. 93

## ОСОБЕННОСТИ, ТЕНДЕНЦИИ И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВРЕМЕННОГО РАЗВИТИЯ СРЕДСТВ И ТЕХНОЛОГИЙ ПОИСКОВО-СПАСАТЕЛЬНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### ЧАСТЬ 2\*

*В.Н. Илюхин, д-р. техн. наук, проф., председатель Ассоциации развития поисково-спасательной техники и технологий, контакт. тел. (812) 927 8501*

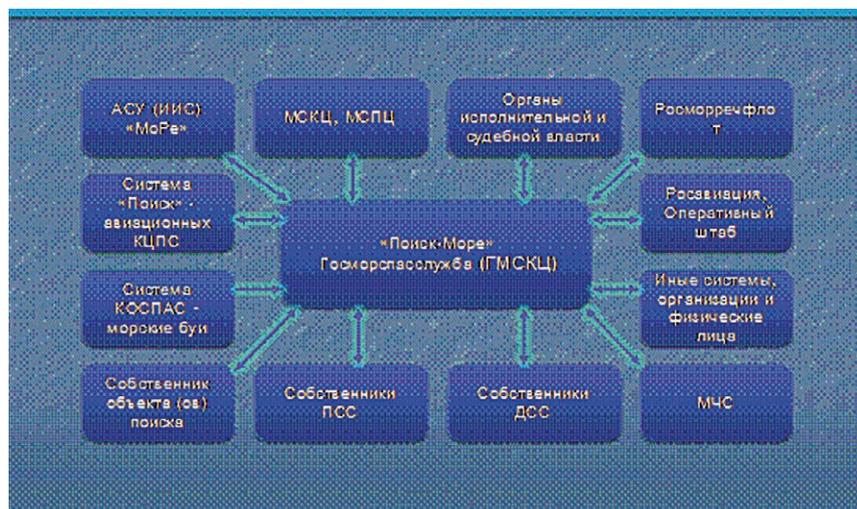


Рис. 6. Схема информационного взаимодействия в системе «Поиск-море» Министерства транспорта России



Рис. 7. Мобильные спасательные модули в контейнерном исполнении

Именно обеспечение безопасности становится одним из основных требований к эксплуатации морских объектов, что возможно только при условии создания, функционирования и постоянного совершенствования комплексной системы их аварийно-спасательного

обеспечения.

В соответствии со «Стратегией развития Арктической зоны Российской Федерации (АЗ РФ) и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года» [7] в целях совершенствования системы государственного управления социально-экономическим развитием АЗ РФ предусматривается:

## КОМПАНИЯ “ДАЙВТЕХНОСЕРВИС”

16 лет успешной работы в сфере разработки, производства и поставки технических средств обеспечения водолазных, аварийно-спасательных и подводно-технических работ.

### Мы предлагаем:

- ▲ Консультирование конструкторских бюро и проектных организаций;
- ▲ Проектирование и изготовление систем газоснабжения и газораспределения, барокомплексов и аварийно-спасательных систем, в т.ч. нетиповых;
- ▲ Изготовление, пуско-наладка и шеф-монтаж водолазных комплексов и других судовых систем под ключ;
- ▲ Комплексные поставки водолазного и аварийно-спасательного оборудования ведущих мировых производителей.



Менеджмент



Инжиниринг



Производство



Сервис

Сегодня наша компания - это команда из более чем 90 высококвалифицированных профессионалов: водолазные специалисты с высшим профильным образованием, сертифицированные специалисты по проектированию сложных технических систем, организации и управлению производством, инженеры по эксплуатации глубоководной техники, пилоты телеуправляемых и обитаемых подводных аппаратов, производственный персонал, финансовая и коммерческая службы. Собственное производство размещается в цехе площадью 1500 м<sup>2</sup>.

В настоящее время наша компания предлагает к поставке следующую продукцию собственного производства:

- ▲ Водолазные барокамеры типорядом “РБК” - РБК-1000, РБК-1000У, РБК-1200, РБК-1400, РБК-1600, РБК-2200.
- ▲ Мобильные контейнерные водолазные комплексы МКВК-60 (1-контейнерные, 2-контейнерные, 3-контейнерные), судовые водолазные комплексы (СВК), береговые стационарные барокомплексы, комплексы специального назначения;
- ▲ Оборудование водолазных комплексов с символами класса РС SDS<12, SDS<60, SDS>60;
- ▲ Установки для приготовления искусственных газовых смесей;
- ▲ Газораспределительные щиты;
- ▲ Сверхкомпактное ГПУ г/п 1000 кг, размещаемое в 10-футовом контейнере;
- ▲ Мобильный комплекс обеспечения подводной экзотермической резки МКОЭР;
- ▲ Мобильный комплекс водоотлива МКВ-1000;
- ▲ Мобильные водолазные станции быстрого развертывания (МВС);
- ▲ Широкий ассортимент мягких судоподъемных понтонов и плавучестей из ПВХ.

Для всего производимого оборудования мы предлагаем полный спектр услуг по техническому обслуживанию и ремонту, проектным, шеф-монтажным и пуско-наладочным работам.

Мобильные водолазные барокомплексы, размещаемые на судах

Наименование	Разработчик	Где применяются	Особенности
Мобильный контейнерный водолазный комплекс	ОАО «СКАТ-28 ВЗ»	Для рейдового тральщика пр. 10750Э	Один 20-футовый контейнер. Маломагнитное исполнение
Многофункциональный мобильный барокомплекс	ОАО «СКАТ-28 ВЗ»	Для размещения на спасательных судах пр. 141 и пр. 536 ВМФ	Три 20-футовых контейнера. Барокамера ПДК-3М
Мобильный контейнерный водолазный комплекс	ООО «Дайвтех-носервис»	Для многофункциональных спасательных судов пр. MPSV07 Морспасслужбы, Росморречфлота, Минтранса	Три стандартных 20-футовых контейнера
Мобильный контейнерный комплекс КВК-А	ООО «Дайвтех-носервис»	Для передовых пунктов базирования в Арктическом бассейне. Размещаются на ледоколах	Два или три 20-футовых контейнера
Мобильный автономный барокомплекс МАБ	ООО «Дайвтех-носервис»	Размещаются на неспециализированных самоходных и несамоходных морских носителях при наличии на них достаточных для размещения станции свободных площадей	Три стандартных 20-футовых контейнера
Контейнерный водолазный комплекс	АО «Тетис-Про»	Размещаются на судах при наличии достаточных для размещения станции свободных площадей	Три стандартных 20-футовых контейнера

- создание системы комплексной безопасности для защиты территорий, населения и критически важных для национальной безопасности РФ объектов Арктической зоны от угроз ЧС природного и техногенного характера (далее по тексту – КСБА);
- создание и развитие системы комплексной безопасности арктического судоходства, управления транспортными потоками в районах интенсивного движения судов, включая навигационно-гидрографическое, гидрометеорологическое, ледокольное и иные виды обеспечения, создание комплексных аварийно-спасательных центров.

Целесообразность создания роботизированных комплексов в целях повышения уровня безопасности морских объектов обусловлена их преимуществами, а именно возможностью:

- использования в сложных гидрометеорологических условиях;
  - повышения эффективности аварийно-спасательных работ за счет использования адаптивных интеллектуальных систем и нанотехнологий.
- В рамках различных проектов предлагается создание единой информационной среды, интегрирующей в себе весь доступный набор робототехнических и обитаемых средств, предназначенных в том числе и для решения задач ПСО МД, таких как:
- суда и корабли;
  - безэкипажные скоростные катера;
  - беспилотные летательные аппараты (БЛА);
  - донные базовые станции (выполняют роль узлов связи, управления и зарядки обитаемых подводных аппаратов);

- подводные робототехнические средства (автономные обитаемые подводные аппараты, телеуправляемые подводные аппараты);
- буи наблюдения и аппараты с функцией сохранения позиции (типа волновых глайдеров).

Таким образом, нужен принципиально новый подход, который позволил бы при минимизации затрат построить и оснастить ФСПС на море таким образом, чтобы она смогла с достаточным уровнем оперативно-тактической и технико-экономической эффективности решать задачи спасения на море.

Решение указанных в «Морской доктрине Российской Федерации до 2030 года» [1] и в «Стратегии развития морской деятельности РФ до 2030 г.» [4] задач в сложившихся условиях целесообразно осуществлять по трем ключевым направлениям развития сил и средств ПСТ:

- совершенствование координации заинтересованных организаций и ведомств в развитии сил и средств ПСО МД на федеральном уровне;
- выделение приоритетов в развитии видов ПСТ;
- решение вопросов унификации и стандартизации ПСТ.

Совершенствование координации заинтересованных организаций и ведомств в развитии сил и средств ПСО МД на федеральном уровне целесообразно осуществлять на основе межведомственной подпрограммы развития сил и средств поиска и спасания «Спасание на море» (рис. 8), сформированных на основе комплексных целевых программ заинтересованных ведомств, являю-

щихся составными частями программы Комплексного развития морской деятельности на период 2014–2020 гг. (преемственной по отношению ФЦП «Мировой океан») и учитывающих содержание действующих ФЦП.

Реализации указанной выше подпрограммы, как показывает практика, будет способствовать совместная выработка предпринимательскими и общественными организациями инновационных инициатив, сценариев и прогнозов технологического развития ПСТ, их публичного обсуждения и уточнения. Увеличение доли предприятий промышленного производства, осуществляющих технологические инновации предусмотрено одной из целей «Стратегии инновационного развития РФ до 2020 года» [9].

Использование инновационного подхода в современных условиях позволит оснастить подразделения аварийно-спасательных служб различных министерств и ведомств соответствующей ПСТ, а также обеспечить достаточный уровень эффективности поисково-спасательных операций. Многие предприятия успешно внедряют конкретные инновационные разработки, направленные на совершенствование ПСТ. Одним из эффективных инструментов реализации инновационной политики, проводимой Военно-промышленной комиссией при Правительстве РФ, стало утверждение Правительством РФ в 2013 г. «Правил разработки (модернизации) техники за счет организаций и частных инвесторов».

При выделении приоритетов в развитии видов ПСТ следует учитывать опыт проведения поисково-спасательных работ, который свидетельствует, что гибель членов экипажа аварийного морского объекта происходит, как правило, до прибытия сил ПСО. Следовательно, приоритет в развитии ПСТ должен быть отдан созданию эффективных индивидуальных и коллективных средств самостоятельного спасания и эвакуации, размещаемых на морских объектах.

Неоднородные и нестабильные условия ледового покрова, сверхнизкие температуры и другие экстремальные природные условия в Арктике, усложняющие судоходство и влияющие на жизнедеятельность человека, накладывает особые требования к совершенствованию стандартов к индивидуальным и коллективным спасательным средствам и обуславливают необходимость разработки эффективных индивидуальных спасательных средств и средств выживания.

Перспективное коллективное спасательное средство (КСС) для мор-



Рис. 8. Структура подпрограммы «Спасание на море»

ких объектов в Арктике должно оперативно обеспечивать самостоятельное спасение персонала и экипажа аварийного объекта при возникновении чрезвычайных ситуаций не только на воду или лед, но и на удалении на безопасное расстояние от аварийного объекта для передачи спасенных прибывшим силам ПСО.

В качестве такого коллективного спасательного средства может быть рассмотрен многофункциональный спасательный аппарат (МСА) и многофункциональный спасательный комплекс (МСК) амфибийного типа.

В результате проведенных исследований НПЦ «Специальное машиностроение» МГТУ им. Н. Э. Баумана и ОАО «ГНИНГИ» сформулированы эксплуатационные требования, предъявляемые к МСА и МСК, применительно к навигационным и климатическим условиям в выбранных районах эксплуатации Арктики [8].

Актуальной задачей является разработка для АЗ РФ индивидуального средства спасения персонала морских объектов в арктических условиях и комплекта для выживания, отвечающих условиям эксплуатации в Арктике при температурном диапазоне от минус 50 °С до плюс 40 °С и времени защитного действия – до 8 часов.

Особое внимание в развитии ПСТ должно быть обращено на совершенствование авиационных средств спасения включая беспилотные летательные аппараты, амфибийные средства, экранопланы, как наиболее эффективных для спасения людей, особенно в дальней морской зоне, а также на создание мобильных средств поиска, спасания, оказания помощи и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов.

Ключевым направлением развития ПСТ является

техническое регулирование, стандартизация и унификация. Усиление внимания к этой проблеме в последние годы продиктовано необходимостью рационального использования материальных, трудовых и финансовых ресурсов, повышения эффективности функционирования сложных систем в условиях кризиса на мировом рынке. Именно на решение этих задач направлен ФЗ-162 «О стандартизации в РФ» [10], который вводится в действие в полном объеме с 1 июля 2016 г.

Результаты анализа совместимости средств, используемых на спасательных судах, спасательных буксирных судах, водолазных и поисково-обследовательских судах различных ведомств для оказания помощи аварийным кораблям и судам, свидетельствует об отсутствии типового размера штуцеров трубопроводов (шлангов) передачи воздуха высокого давления на аварийный объект, размеров переходников на водоотливные и пожарные средства и т. д.

За последние годы существенно возросло количество и типаж импортных необитаемых подводных аппаратов различного назначения. Вместе с тем практика выполнения ряда поисково-спасательных работ свидетельствует о недостаточной эффективности некоторой импортной поисково-спасательной техники. Таким образом, назрела необходимость более энергичного проведения работ по унификации и стандартизации ПСТ, оборудования и требований к ним. В условиях реформирования системы технического регулирования, с целью обеспечения поставок и использования ПСТ высокого качества и требуемого уровня безопасности, возникает настоятельная необходимость разработки проекта ТР (технического регламента) «О требованиях к поисково-спасательной, глубоководной и водолазной технике».

В настоящее время принято около 25 ТР, а также более 70 проектов ТР находятся на стадии рассмотрения. Однако среди них нет ни одного прямо касающегося поисково-спасательной, глубоководной и водолазной техники. А этот раздел специальной техники несет двойную нагрузку по необходимости обеспечения безопасности: во-первых, поисково-спасательная техника обеспечивает безопасность деятельности людей на море, а во-вторых – поисково-спасательная, глубоководная и водолазная техника должна обеспечивать максимальную безопасность самих спасателей.

Следует учитывать, что решение вопросов унификации и стандартизации ПСТ позволяет:

- улучшить качество и повысить конкурентоспособность продукции и услуг;
- экономить ресурсы и повысить эффективность экономики;
- снизить себестоимость продукции;
- распространить апробированные наилучшие практики, что способствует эффективному использованию ресурсов;
- сократить необоснованное разнообразие на основе унификации и типизации;
- достичь функциональной совместимости продукции, услуг и технологий различных поставщиков, что упрощает эксплуатацию техники;

## Выводы

1. Главная особенность современного развития ПСТ и технологий поисково-спасательного обеспечения морской деятельности заключается в отсутствии требования к проведению единой технической политики в деле развития и функционирования ФСПС на море по причине ведомственной разобщенности аварийно-спасательных служб, что ведет к недостаточной эффективности и к низкому уровню унификации, стандартизации создаваемых спасательных судов и разрабатываемой поисково-спасательной техники.

2. Тенденции современного развития спасательных судов и ПСТ заключаются, с одной стороны, в их многофункциональности, использовании сменяемых модулей контейнерного типа различного назначения, а с другой – в достаточной большой номенклатуре, обусловленной созданием судов по техническим требованиям аварийно-спасательной служб различных ФОИВ. Каждое ведомство определяет технические требования к спасательным судам и к ПСТ с учетом поставленных перед ними задач. Такие требования существуют как в ВМФ Минобороны, так и в МЧС России, Министерстве транспорта и других ведомствах.

3. Исходя из положений «Морской доктрины Российской Федерации до

2030 года», с целью повышения эффективности ФСПС на море необходимо принять комплекс мер по проведению единой государственной технической политики строительства и модернизации спасательных судов, выделить приоритетные направления развития ПСТ, усовершенствовать систему технического регулирования, обеспечить должную стандартизацию и унификацию сил и средств поиска, и спасания на море.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Морская доктрина Российской Федерации до 2030 года. Утв. Президентом РФ 26.07.2015 г.

2. Рекомендации III-й Всерос. научно-практической конфер. «Проблемы спасания людей на море и оказания помощи аварийным кораблям и судам». – Санкт-Петербург, 27.10.2011 г. – www.arpstt.ru.
3. Положение о взаимодействии аварийно-спасательных служб министерств, ведомств и организаций на море и водных бассейнах России. Зарегистрировано Минюстом России 28.07.95 г., регистрационный № 917.
4. Стратегия развития морской деятельности РФ до 2030 г. Распоряжение Правительства РФ № 2205-р от 6.12.2010 г.
5. Концепция развития системы ПСО ВМФ до 2025 г. – Морская политика России. 2013 г., с. 64–69.
6. *Чурляев А.П., Веселов И.А.* Мероприятия, проводимые МЧС России по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций в Арктике // Арктика: экология и экономика. – 2013. – № 1 (9). – С. 70–77.

7. Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года. Утв. Президентом РФ 20.0.2013 г.
8. *Бродский П.Г., Дубин А.Е., Илюхин В.Н., Попов С.Д.* О направлениях развитии сил и средств поисково-спасательного обеспечения морской деятельности в Арктике // Арктика: экология и экономика. – 2016. – № 1 (21). – С. 94–101.
9. Стратегии инновационного развития РФ до 2020 года. Распоряжение Правительства РФ от 08.12. 2011 г. № 2227-р.
10. ФЗ-162 от 29.06.2015. О стандартизации в Российской Федерации. ■

## ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день обработка и защита персональных данных является актуальной проблемой, так как во всех организациях ведется прием на работу новых сотрудников, подбор кадров, осуществляются различные сделки между клиентом и предпринимателем с использованием персональных данных (далее – ПДн). Не исключение и крьюинговые компании.

Крьюинг – это деятельность по набору моряков на морские суда. Основная цель крьюинговых компаний состоит в поиске и подборе квалифицированных морских специалистов на морские суда, они выступают посредниками между судовладельцами и моряками.

В ходе своей деятельности крьюинговая организация непосредственно обрабатывает ПДн моряков – собирает, хранит и обеспечивает их передачу в свои филиалы или компании судовладельцу. Необходимость защиты ПДн моряков на всех этапах автоматизированной обработки обусловлена требованиями нормативно-правовых актов Российской Федерации, а также повышением доверия со стороны клиентов.

Таким образом, можно с уверенностью сказать, что крьюинговые компании являются операторами персональных данных, а значит, обязаны выполнять требования нормативно-правовых документов Российской Федерации в сфере сбора, обработки, хранения и передачи персональных данных.

Цель данной работы заключается в построении защищенной информационной системы ПДн крьюинговой компании, отвечающей требованиям определенного уровня защищенности ПДн.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Законодателем в настоящее время определено, что оператор при обработке ПДн обязан принимать комплекс

необходимых мер или обеспечивать их принятие для защиты ПДн от неправомерного или случайного доступа к ним, уничтожения, изменения, блокирования, копирования, предоставления, распространения ПДн. В связи с этим крьюинговые компании при построении защищенной информационной системы персональных данных (далее – ИСПДн) обязаны принимать следующие правовые, организационные, технические меры [1].

Построение защищенной ИСПДн включает себя несколько этапов:

1) предпроектный – предпроектное обследование информационной системы и организации, обоснование необходимости создания системы защиты;

2) проектирования – разработка комплексной системы защиты;

3) ввода системы защиты в эксплуатацию – экономическое обоснование, оценка эффективности и рекомендации по внедрению [2].

В ходе проведения предпроектного обследования были определены юридическая и организационная структуры компании, построены логическая структура информационной сети и информационные потоки ПДн организации.

# КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ ЗАЩИЩЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ КРЬЮИНГОВОЙ КОМПАНИИ

*С.С. Соколов, канд. техн. наук, доцент,  
С.С. Малов, ст. преподаватель,  
С.Н. Шиманчук, магистрант,  
В.Д. Гаскаров, д-р техн. наук, проф.,  
ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова,  
контакт. тел. (812) 748 9641, 748 9642*

Крьюинговая компания – это юридическое лицо, структура которого содержит два объекта: головной офис компании в Санкт-Петербурге и филиал компании в Мурманске.

Организационная структура компании состоит из семи отделов в головном офисе компании, штат сотрудников которого составляет 39 человек, и пяти отделов в филиале с общей численностью сотрудников 15 человек.

С учетом вышеизложенного необходимо обозначить, что количество субъектов ПДн, являющихся сотрудниками оператора ПДн, составляет 54 человека.

Логическая структура информационной сети головного офиса и филиала включает в себя контроллер домена, сервер базы данных и прокси-сервер, работающие на базе операционной системы Windows Server 2008 R2, а также автоматизированные рабочие места (АРМ) на базе операционной системы Windows 7 разрядностью 32 bit. Графически логическая структура информационной сети головного офиса и филиала представлена на рис. 1.

Связь между филиалом и головным офисом осуществляется по сети

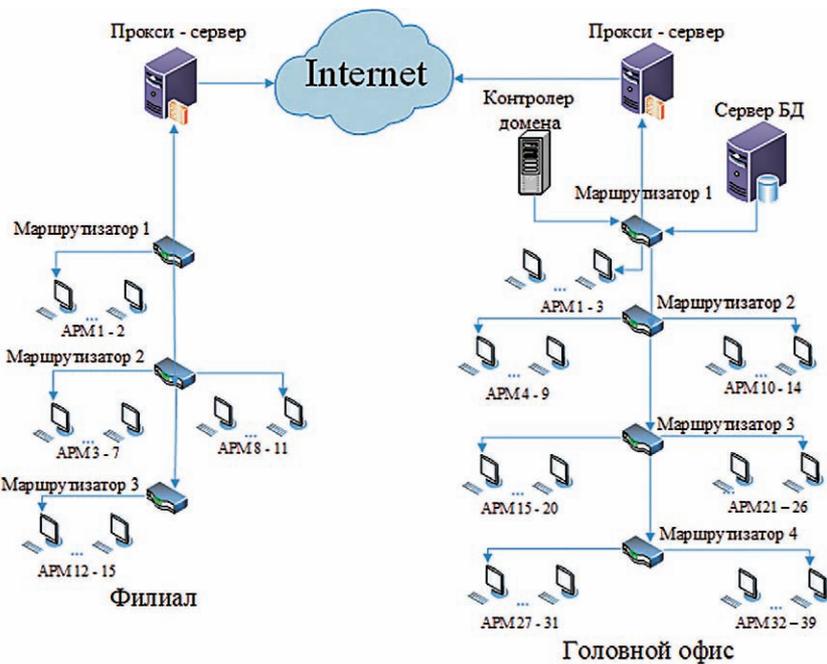


Рис. 1. Логическая структура информационной сети головного офиса и филиала

общего пользования Internet без применения средств защиты информации, используя только прокси-сервер с настроенными правилами относительно некоторых сайтов. Тем не менее прокси-сервер обеспечивает в данной корпоративной сети одноточечный выход в сеть Internet всех пользователей.

ПДн, обрабатываемые в организации, хранятся на общем диске сервера баз данных (далее – БД) без их разделения по категориям, определенным в ФЗ РФ № 152 [3].

Контроллер домена используется для администрирования сети: управления учетными записями, удаленной установки программного обеспечения на пользовательские машины, настройки параметров парольной защиты и разрешенного времени работы легальных пользователей в системе.

Существующие в компании информационные потоки ПДн были разделены на два вида:

1) внутренние информационные потоки: обмен ПДн как внутри головного офиса и внутри филиала, так и между филиалом и головным офисом;

2) внешние информационные потоки: передача ПДн в государственные органы, банки и иностранным партнерам-компаниям.

С целью определения категорий обрабатываемых ПДн был определен перечень ПДн сотрудников и клиентов организации:

1) ПДн сотрудников – ФИО, дата и место рождения, адрес регистрации места жительства, диплом об образовании, ИНН, страховое свидетельство обязательного пенсионного страхования, трудовая книжка;

2) ПДн клиентов – ФИО, дата и место рождения, адрес регистрации места жительства, диплом об образовании, ИНН, страховое свидетельство обязательного пенсионного страхования, трудовая книжка, удостоверение личности моряка, медицинская книжка, справка о прохождении морской медицинской комиссии, справка от нарколога и психиатра.

Согласно п. 5 ПП РФ № 1119 вышеперечисленные ПДн клиентов компании относятся к «специальной» категории ПДн, так как в ИСПДн обрабатываются ПДн, касающиеся состояния здоровья субъектов ПДн. В то же время ПДн сотрудников соответствуют «иной» категории ПДн, поскольку в ИСПДн не обрабатываются ПДн сотрудников, которые можно отнести к «общедоступной», «биометрической» или «специальным» категориям ПДн.

Объем записей сотрудников и клиентов компании, которые обрабатывают-

ся в компании с использованием средств автоматизации, не превышает 100 000.

Актуальными угрозами безопасности ПДн будет являться наличие недокументированных возможностей в прикладном программном обеспечении, используемом в данной ИСПДн, так как на серверах хранятся БД учетных записей клиентов и сотрудников компании [4].

Рассматривая трансграничную передачу ПДн, т. е. передачу ПДн на территорию иностранного государства, было определено, что крьюинговая компания и иностранная компания-партнер обмениваются ПДн между собой через почтовые серверы. Процесс трансграничной передачи ПДн состоит из следующих этапов:

1) ПДн клиентов из крьюинговой компании отправляются по сети общего пользования Internet в открытом виде на почтовый сервер, расположенный на территории Российской Федерации;

2) ПДн клиентов компании с почтового сервера в России отправляются по сети Internet на почтовый сервер, расположенный за пределами Российской Федерации;

3) ПДн клиентов с почтового сервера, расположенного за пределами Российской Федерации, передаются непосредственно в иностранную компанию, являющуюся партнером крьюинговой организации.

Все этапы трансграничной передачи наглядно представлены на рис. 2.

Проводя более детальное обследование, было установлено, что данный вид передачи ПДн не регламентируется никакими инструкциями или приказами компании, а ведь наличие подходящей свободной вакансии недостаточно для трансграничной передачи ПДн клиентов, так как при этом необходимо соблюдать ряд правил, установленных нормативно-правовыми актами Российской Федерации.

Вышеизложенные результаты обследования были проанализированы и на основании полученных данных анали-



Рис. 2. Трансграничная передача ПДн

зов были подведены итоги аудита. Данные результаты представлены в табл. 1.

Следовательно, если рассматривать ИСПДн как единое целое, то для упро-

Таблица 1

**Результаты обследования ИСПДн**

Требования по защите ПДн	Принимаемые решения в компании для осуществления данных требований
Разграничение хранения ПДн разных категорий	Отсутствует, ПДн сотрудников и клиентов компании хранятся на общем жестком диске сервера БД
Ограничение по доступу всех сотрудников к ПДн	Отсутствует, все сотрудники имеют одинаковые права доступа
Защищенный обмен ПДн с филиалом и иностранной компанией-партнером	Отсутствует, ПДн передаются в открытом виде по сети Internet
Наличие руководящих документов компании в области защиты ПДн	Отсутствуют
Защита на предмет несанкционированного доступа к ПДн	Отсутствует
Защита от сетевых атак	Отсутствует, одноточечный выход в Internet всех сотрудников через прокси-сервер, не имеющий класса защиты
Контроль утечки ПДн от инсайдеров	Отсутствует

По итогам обследования ИСПДн было установлено, что ПДн, которые в ней обрабатываются, недостаточно защищены, и, как следствие, необходимо обеспечить их комплексную защиту в соответствии с требованиями нормативно-правовых актов Российской Федерации.

Для выполнения мероприятий технической защиты необходимо определить средства защиты информации, отвечающие предъявляемым к ИСПДн требованиям, в соответствии с уровнем защищенности ПДн клиентов и сотрудников компании.

С учетом полученных в ходе обследования информационной системы данных можно установить, что для ПДн клиентов необходимо обеспечивать 2-й уровень их защищенности, поскольку для этого уровня защищенности актуальны угрозы 2-го типа, а ИС обрабатывает специальные категории ПДн менее чем 100 000 субъектов ПДн, не являющихся сотрудниками оператора\*. Для ПДн сотрудников должен быть обеспечен 3-й уровень защищенности ПДн, так как для этого уровня защищенности актуальны угрозы 2-го типа и ИС обрабатывает иные категории ПДн сотрудников оператора\*\*. Анализ критериев, необходимых для определения уровня защищенности ПДн представлен в табл. 2.

щения построения комплексной системы защиты удобнее строить единую систему по наивысшему уровню защиты, актуальному для данных подсистем обработки ПДн. Учитывая вышеизложенное, для ИСПДн криптоинговой компании необходимо обеспечивать 2-й уровень защищенности ПДн.

На основании Приказа ФСТЭК № 21 необходимо обеспечить выполнение мероприятий по безопасности ПДн в соответствии с требованиями, предъявляемыми ко 2-му уровню защищенности ПДн [5].

Реализовать данные требования можно с помощью сертифицированных средств защиты информации и организационных мер.

Обеспечить выполнение всех требований можно, применив такие средства защиты информации, как: средства защиты информации от несанкционированного доступа (защита от НСД); средства антивирусной защиты (САВЗ); сканеры безопасности; системы обнаружения вторжений (СОВ); DLP – системы; межсетевые экраны (МЭ).

Соответственно, для комплексного обеспечения безопасности и выполнения требований Приказа Федеральной службы технического и экспортного контроля (далее – ФСТЭК) № 21, которые не могут быть осуществлены только техническими и программными

Таблица с конкретными группами требований приказа ФСТЭК № 21, которые можно выполнить определенными видами средств защиты, информации представлена в статье «Организация технической защиты информационной системы персональных данных криптоинговой компании» [6].

После этого необходимо провести анализ государственного реестра сертифицированных средств защиты информации № РОСС RU.0001.01 БИ00 и выбрать конкретные модели средств защиты информации (СЗИ).

Выбор моделей СЗИ проводился на основании следующих критериев:

- 1) имеет действующий сертификат;
- 2) сертификат распространялся на серию данной модели;
- 3) соответствует требуемым классам, определенным для 2-го уровня защищенности ПДн приказом ФСТЭК № 21.

В результате анализа государственного реестра сертифицированных СЗИ были определены конкретные модели СЗИ, подходящие для обеспечения защиты ИСПДн криптоинговой компании. Перечень выбранных средств защиты представлен в табл. 3.

Кроме выбранных сертифицированных СЗИ, также в соответствии с требованиями ко 2-му уровню защищенности ПДн необходимо использовать систему резервирования БД\*. В качестве резервного сервера БД был выбран сетевой накопитель фирмы «Qnap» модели «TVS-471» со встроенным программным обеспечением резервирования.

После выбора конкретных моделей сертифицированных СЗИ необходимо рассчитать сумму, которую придется потратить на их приобретение и установку.

СЗИ устанавливаются только на автоматизированные рабочие места, на которых непосредственно обрабатываются ПДн, а также на сервера БД и контролер домена. Совместно в головном офисе и филиале необходимо обеспечить СЗИ 24 автоматизированных рабочих места, контроллер домена и два сервера БД.

После анализа рынка сбыта продукции и подбора оптимальных и наиболее выгодных предложений от разработчиков средств аппаратно-программного обеспечения общие затраты на приобретение и установку данных СЗИ составляют 771 595 руб. С учетом выбора резервного сервера «Qnap TVS-471» на техническую защиту ИСПДн потребуется 896 750 руб.

**Характеристики ИСПДн**

Таблица 2

	Субъект ПДн	
	Являющийся сотрудником оператора	Не являющийся сотрудником оператора
Тип актуальных угроз	Угрозы 2-го типа	Угрозы 2-го типа
Категория ПДн	Иные ПДн	Специальные ПДн
Объем ПДн	Менее 100 тыс.	Менее 100 тыс.
Уровень защищенности	3	2

средствами защиты информации, необходимо также разработать и организационные мероприятия.

\* Приказ ФСТЭК № 21 ОДТ.4 «Периодическое резервное копирование персональных данных на резервные машинные носители персональных данных».

\*ПП. 6 п.10 ПП РФ №1119.  
\*\*ПП. 6 п. 11 ПП РФ №1119.

Выбранные средства защиты информации

СЗИ	Модель	Класс СЗИ	№ сертификата	Срок окончания сертификата	Графическое изображение
Защита от НСД	Dallas Lock 8.0-C	3	2945	16.08.2019	
COB	Security Studio Endpoint Protection	4	3128	04.04.2017	
МЭ	ViPNet Coordinator HW	3	2353	26.05.2017	
	ViPNet CUSTOM 3.2	3	1549/1	26.05.2016	
СAB3	Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows	2	3025	25.11.2016	
Сканер безопасности	XSpider 7.8.24	-	3247	24.10.2017	
DLP	DeviceLock 7.1	-	2611	05.04.2018	

С целью обоснования такого количества затрат был проведен количественный анализ рисков подходом Return on Security Investment (ROSI) [7].

Согласно исследованию аналитического центра «InfoWatch» по итогам 2015 г. Россия заняла второе место по числу утечек конфиденциальной информации, в том числе ПДн. По вине сотрудников пострадавших компаний произошло 65% процентов утечек, а 32% утечек – из-за сетевых атак. Среднюю стоимость одной утечки ПДн данный аналитический центр оценивает в 0,34 млн. руб., что представляет собой довольно большую сумму для многих компаний [8].

Для расчета эффективности инвестиций в информационную безопасность необходимо определить ожидаемые годовые потери (ALE). Для начала определялся ожидаемый ущерб от единичной реализации угрозы (SLE) по формуле  $SLE = V_{IA} \times EF$ , где  $V_{IA}$  – стоимость активов компании;  $EF$  – фактор угроз.

Стоимость БД данной компании оценивается в 55 млн. руб., а успешная реализация атаки приведет к потере 85% активов компании. С учетом исходных данных ожидаемый ущерб от единичной реализации угрозы составит 46 750 000 руб.

Ожидаемые годовые потери

$$ALE = SLE \times ARO,$$

где  $ARO$  – ожидаемая годовая частота возникновения угрозы.

Годовая интенсивность проведения атаки на ИСПДн равна 0,05. Следовательно, ожидаемые годовые потери от успешных реализаций угроз составят 2 337 500 руб.

Как видно из расчетов, ожидаемые годовые расходы на предотвращение утечек и восстановление ПДн составят больше 2 млн. руб.

Показатель рентабельности инвестиций в систему защиты  $ROSI$  рассчитывался по формуле

$$ROSI = \frac{ALE - SC}{SC} \cdot 100\%,$$

где  $SC$  – это затраты на систему защиты. При расчете было определено, что показатель эффективности инвестиций в систему защиты  $ROSI$  равен 160%, т.е. СЗИ в 1,6 раз эффективнее затрат на их приобретение и установку для данной ИСПДн.

С целью более наглядного представления того, на сколько изменится величина риска при изменении затрат на систему защиты, был построен график зависимости между величиной риска и затратами на создание системы защиты, который представлен на рис. 3.

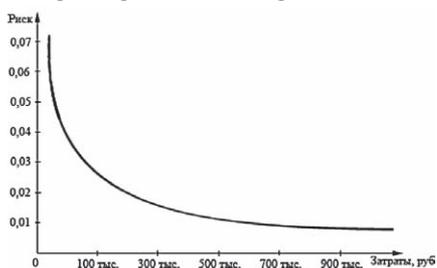


Рис. 3. График взаимосвязи риск – затраты

Как говорилось ранее, для организации защиты ИСПДн необходимо выполнить также мероприятия организационного характера, утверждая приказы и разрабатывая инструкции в соответствии с конкретными правилами, регламентирующими деятельность персонала в соответствии с требованиями приказа ФСТЭК № 21, а также на основании Ф3 РФ № 152.

К числу подобных правил и инструкций относятся правила определения целей обработки ПДн, разработки формы согласия субъекта ПДн на обработку его

ПДн, назначения ответственного лица за обработку ПДн и др. Это лишь часть мероприятий организационного характера, которые могут быть проведены для обеспечения защищенности ИСПДн; полный перечень организационных мер был рассмотрен в статье «Определение перечня мер организационного характера, выполняемых криптоинженерными компаниями при построении информационной системы персональных данных» [9].

С учетом вышеизложенных мер по защите ИСПДн, соответствующих 2-му уровню защищенности ПДн, необходимо перестроить логическую структуру информационной сети криптоинженерной компании, установив выбранные модели СЗИ. Новая логическая структура информационной сети криптоинженерной компании представлена на рис. 4.

На данном рисунке все сертифицированные средства защиты информации, представленные в таблице, обозначены общим значком в виде синего щита с надписью «СЗИ». Как видно из рисунка, для обмена ПДн с филиалом и иностранной компанией-партнером был построен защищенный VPN-канал, который удалось реализовать штатными средствами межсетевых экранов VipNet.

Помимо непосредственной организации защищенной трансграничной передачи ПДн клиентов была составлена инструкция по осуществлению данного вида передачи ПДн, в соответствии с которой необходимо разработать форму согласия субъекта ПДн на трансграничную передачу его ПДн; изучить перечень иностранных государств, являющихся сторонами Конвенции Совета Европы о защите физических лиц при автоматизированной обработке персональных данных и изучить перечень иностранных государств, обеспечивающих адекватную защиту прав субъектов персональных данных [10].

С целью реализации всех требований 2-го уровня защищенности ПДн были разработаны различные инструкции и приказы в компании, выступающие в качестве организационных мер защиты ПДн.

Так как ПДн сотрудников и клиентов имеют разную категорию, их хранение было разделено: ПДн сотрудников были перемещены для хранения на контроллер домена, а ПДн клиентов остались храниться на сервере БД. Хранение ПДн на резервном сервере осуществляется на разных жестких дисках данного сетевого накопителя.

Осуществлена политика безопасности, согласно которой с помощью СЗИ были разграничены права доступа к ПДн всех сотрудников криптоинженерной компании по мандатной модели разграничения доступа, т.е. те сотрудники, которые занимаются обработкой ПДн, в свою очередь

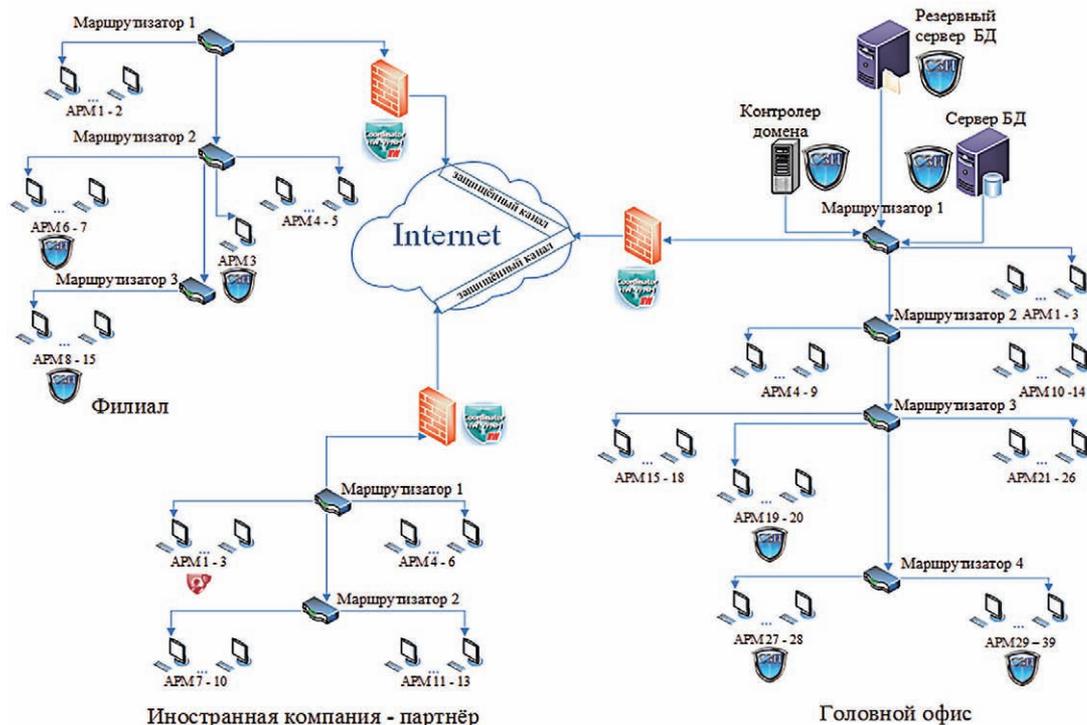


Рис. 4. Логическая структура информационной сети защищенной ИСПДн

Таблица 4

Результаты построения защищенной ИСПДн

Требования по защите ПДн	Принимаемые решения в компании
Разграничение хранения ПДн разных категорий	Хранение ПДн сотрудников на контроллере домена, а ПДн клиентов на сервере БД. Хранение ПДн сотрудников и клиентов на резервном сервере БД на разных жестких дисках.
Ограничение по доступу всех сотрудников к ПДн	Использование мандатной модели разграничения доступа.
Защищенный обмен ПДн с филиалом и иностранной компанией-партнером	Построен защищенный VPN-канал при помощи межсетевых экранов VipNet Coordinator HW.
Наличие руководящих документов компании в области защиты ПДн	Разработаны инструкции и приказы по защите ПДн, хранящихся и обрабатываемых в компании.
Защита на предмет несанкционированного доступа к ПДн	Применение Dallas Lock 8.0-С и Security Studio Endpoint Protection.
Защита от сетевых атак	Использование VipNet Coordinator HW, VipNet CUSTOM 3.2, Kaspersky Endpoint Security 10 и XSpider 7.8.24.
Контроль утечки ПДн от инсайдеров	Применение DLP-системы DeviceLock 7.1.

разделяются по правам в зависимости от категории обрабатываемых ПДн.

Было настроено проведение резервного копирования ПДн с целью обеспечения безопасности и возможности восстановления утраченных или модифицированных ПДн за приемлемое время в случае проявления нештатной ситуации как внутри системы, так и при проведении различных атак на ИСПДн криптоинговой компании.

С целью более наглядного представления результатов проделанной работы и оценки эффективности состояния защищенной ИСПДн компании все изменения перечислены в табл. 4.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Поставленная задача по защите ИСПДн криптоинговой компании была

решена. С целью дальнейшего развития системы защиты необходимо более детально рассмотреть возможность осуществления защищенной трансграничной передачи ПДн как с учетом нормативно-правовых актов Российской Федерации, так и нормативно-правовых документов иностранного государства.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Соколов С. С., Малов С. С., Картина А. С. Построение защищенной информационной системы персональных данных мониторингового центра оказания телематических услуг безопасности на транспорте // Вестник ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова. – 2014. – № 5 (27). – С. 148–157.

2. Специальные требования и рекомендации по технической защите конфиденциальной информации. Решение Гостехкомиссии России от 2 марта 2001 г. № 7.2.
3. «О персональных данных». Федеральный закон РФ от 27 июля 2006 г. № 152-ФЗ.
4. «Об утверждении требований к защите персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных». Постановление Правительства РФ от 1 ноября 2012 г. № 1119.
5. «Об утверждении Состав и содержания организационных и технических мер по обеспечению безопасности персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных. Приказ Федеральной службы технического и экспортного контроля России от 18 февраля 2013 г. № 21.
6. Малов С. С., Стугирева А. Д., Шиманчук С. Н. Организация технической защиты информационной системы персональных данных криптоинговой компании. – Одесса: ИУСТ – 2015. – 3 с.
7. Лабоцкий В. В. Сколько стоит защита информации // Управление защитой информации. – 2009. – Т. 13. – № 2. – С. 183–187.
8. Электронный ресурс: <http://www.tadviser.ru/index.php/Статья: DLP-решения>
9. Малов С. С., Шиманчук С. Н. Определение перечня мер организационного характера, выполняемых криптоинговыми компаниями при построении информационной системы персональных данных. – IT: вчера, сегодня, завтра ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова, 2015. – 5 с.
10. «О защите физических лиц при автоматизированной обработке персональных данных». Конвенция Совета Европы от 28 января 1981 г. № 108. ■

**Ш**ирокимасштабные работы по освоению морских нефтегазовых месторождений привели к стремительному изменению инфраструктуры морского нефтепромысла.

Современные нефтяные платформы и установки представляют собой сложнейшие инженерные сооружения, поражающие размахом и смелостью архитектурно-конструктивных решений, направленных на выполнение разнообразных операций, связанных с освоением морских нефтегазовых месторождений.

Несмотря на проводимые мероприятия по повышению конструктивной безопасности и надежности морских нефтегазовых сооружений (МНГС), совершенствование техники и технологии бурения и эксплуатации нефтегазовых скважин, повышения квалификации обслуживающего персонала в морской нефтегазодобыче, периодически возникают аварии.

По существу МНГС – одни из потенциально крупных источников возможного техногенного воздействия как на экосистему морей, так и на жизнедеятельность персонала МНГС, что в ряде случаев приводит к гибели значительного количества людей.

**Характерные повреждения на морских нефтегазовых сооружениях.** В зависимости от типа сооружения основной удельный вес аварийности среди нефтяных платформ приходится на стационарные платформы и самоподъемные установки.

Самый высокий уровень аварийности отмечается на стационарных платформах (СПБУ). Это обусловлено прежде всего значительно большим количеством стационарных платформ и более тяжелыми условиями эксплуатации по сравнению с плавучими платформами. В условиях разбушевавшейся стихии конструктивные оформления стационарных платформ не позволяют им снаться с рабочей точки, покинуть район и укрыться в убежище от приближающегося шторма.

Существенно высокая вероятность гибели СПБУ по сравнению с другими плавучими установками связана с особенностями их конструкции, при этом особую опасность представляют операции по транспортировке, установке на точку и снятие с нее СПБУ. Выполнение этих операций возможно только при благоприятных гидрометеорологических условиях. Ошибки в прогнозах погоды на период перегона, установки и снятия с точки бурения оказываются для СПБУ роковыми.

Наблюдаются аварии и гибель СПБУ непосредственно на рабочей точке. Эти аварии в основном вызваны непредвиденными смещениями опорных колонн и башмаков. Колон-

## ОЦЕНКА АВАРИЙНОСТИ МОРСКИХ НЕФТЕГАЗОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

### ЧАСТЬ 1

*Р.Н. Караев, канд. техн. наук, проф.*

*Азербайджанской государственной нефтяной академии,  
контакт. тел. +7 (994 50) 210 9269*

ны, продавливая верхний тонкий слой плотного грунта, погружались в слабый грунт, предварительно не выявленный из-за некачественно проведенных изыскательских работ.

Осадки башмаков СПБУ происходят и во время шторма под влиянием циклически изменяющейся нагрузки, передаваемой через колонны, в отдельных случаях башмаки подмываются донными течениями или смещаются под воздействием движущихся наносов [1].

Более надежны полупогружные плавучие буровые установки (ППБУ), благодаря большим запасам остойчивости и плавучести, которые позволяют выдерживать воздействие штормовых волн и ветра.

Созданию аварийной ситуации способствуют также утечки газа, отказы оборудования, аварийные происшествия при бурении, повреждения конструкций в результате коррозии и усталости металла, трудности буксировки плавучих буровых установок, обрывы якорных связей и буксирных тросов, состояние морского дна, опасный крен, опрокидывание и т. д.

Локальные разрушения опорных блоков МСП наиболее часто наблюдаются в районе ватерлинии (от ударов судов, волновых нагрузок, движения льдин). При этом диагональные (раскосы) и горизонтальные (распорки) связи обычно получают вмятины или вогнутость, из-за которых теряют устойчивость и выходят из строя.

Другой неблагоприятный участок в опорных блоках – зона вблизи морского дна. На этом участке элементы металлоконструкции опорного блока испытывают значительные внутренние нагрузки, максимальное гидростатическое давление. При этом в процессе посадки блока на грунт возможны повреждения связей.

Аварийную ситуацию могут вызвать и размывы грунтов вокруг опорных блоков. Известны случаи, когда опорные блоки на свайном основании из-за размыва донного грунта получали необратимый наклон, после чего эксплуатация платформы практически становилась невозможной.

Среди факторов, негативно влияющих на прочность опорных колонн, следует также отметить воздействие природных факторов случайного характера:

ветровые и волновые нагрузки значительной силы и т. п.

Многолетний опыт эксплуатации подводных трубопроводов показывает, что уровень аварийности на этих объектах продолжает оставаться довольно высоким.

К основным факторам, которые могут привести к повреждениям подводных трубопроводов относятся: механические и коррозионные разрушения линейных участков и стояков, некачественная укладка (провисание) трубопроводов, возрастная составляющая (износ) магистральных и внутрипромысловых трубопроводов, некачественные монтажи и закрепления стояков к элементам опорных блоков, разрывы сварных стыковых швов на линейных участках и в местах их соединения со стояками.

Ниже рассматриваются наиболее характерные аварии, которые произошли на различных этапах промышленного освоения нефтегазовых месторождений.

**Аварии при бурении и эксплуатации нефтегазовых скважин.** Сравнительный анализ базы данных Всемирного банка об авариях на шельфе (WORLDWIDE OFFSHORE ACCIDENT DATABASE-WOAD) показывает, что одним из наиболее характерных видов аварий технических средств на морских нефтегазовых месторождениях являются выбросы и открытые фонтаны нефти и газа. При этом наибольшая часть выбросов приходится на разведочное (54,8 %), а остальные происходят при эксплуатационном бурении (30,4 %) и в процессе добычи. В таблице показано процентное распределение частоты выбросов при работах на скважинах.

Как видно из таблицы, газовые выбросы являются преобладающей причиной аварий при всех видах производственной деятельности в морской нефтегазовой промышленности. Значительное количество нефтяных выбросов происходит в процессе добычи, при этом важное значение приобретает надежность превенторов, бурильных колонн и диверторных систем. Определенную опасность представляют газовые фонтаны с небольшой глубины. Негативное воздействие их на все виды нефтяных платформ различно и определяется прежде всего конструкцией сооружения.

Кратерообразование, возникающее при фонтане, особую опасность представляет как для стационарных платформ, так и для СПБУ, у которых уязвимой частью являются опорные блоки и башмаки опор соответственно. Интенсивное вымывание грунта вокруг опорных колонн способствует образованию больших кратеров, что, в свою очередь, может привести к опрокидыванию и гибели платформ.

Таблица  
**Распределение частоты выбросов при работе на скважинах, %**

Вид выброса	Распределение по видам производственной деятельности		
	разведочное бурение	эксплуатационное бурение	добыча
Газовый выброс	57,7	61,1	74,3
Проявление газа	30,7	31,9	–
Нефтяной выброс	9,3	7,0	25,7
Выбросы воды или бурового раствора	2,3	–	–

ППБУ более приспособлены для работы в условиях фонтанирования. Уменьшение плавучести ППБУ из-за насыщения воды газом не создает серьезной опасности, так как при этом снижается плотность только поверхностного слоя воды. Понтоны и часть стабилизирующих колонн находятся ниже этого слоя, что обеспечивает достаточные остойчивость и осадку установки (рис. 1).

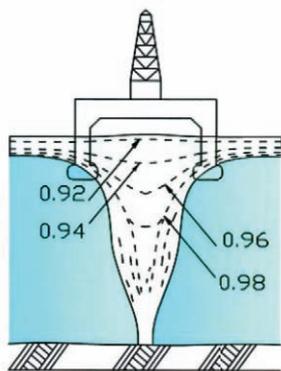


Рис. 1. Схема уменьшения плотности воды под полупогружной установкой при открытом газовом фонтане

Определенную опасность газовые фонтаны с небольшой глубины представляют для буровых судов, использующих якорную систему стабилизации, особенно в мелководных районах. Возникающие при газовом фонтане поверхностные течения относят судно от места выхода газа. От воздействия этого течения и натяжения якорной линии судно подвергается действию опрокидывающего момента и кренится в сторону фонтана (рис. 2).

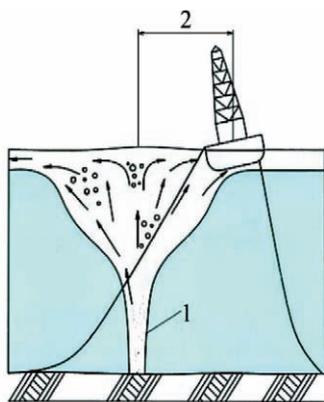


Рис. 2. Влияние поверхностного течения на положение бурового судна с якорной системой стабилизации 1 – течение, вызываемое струей газа; 2 – смещение бурового судна, вызванное этим течением

Буровые суда с динамической системой стабилизации менее подвержены воздействию газового фонтана, так как могут быстро покинуть опасную зону [1].

9 октября 1983 г. в казахском секторе Каспия на структуре «Ракушечное море» произошла авария СПБУ «60 лет Азербайджана» на глубине моря 45 м. Установка вела бурение скважины с проектной глубины 4500 м. При спуске промежуточной колонны на глубину 511 м через восемь часов после заливки цемента началось проявление через межколонное пространство. Скважина начала работать газом и водой, высота фонтана составляла 20 м, а через сутки доходила до 50 м. В результате этого фонтана газ горел в диаметре 100 м, кругом бурлила вода от газа. Птицы, пролетающие над этим участком, отравлялись газом и падали в море. Несмотря на неоднократные обращения начальника установки разрешить переход на запасную точку, которую определяют для подобных случаев, союзное министерство требовало заглушить скважину. Между тем через три дня после заливки, 9 октября 1983 г., начался грифон под опорной колонной СПБУ, в результате установка опрокинулась (рис. 3).



Рис. 3. Вид на установку после катастрофы

Вследствие несвоевременного перехода установки на запасную точку, которую определяют для подобных случаев, вместе с установкой утонули два специалиста противofонтанной горноспасательной военизированной части.

24 апреля 1988 г. произошел выброс газа на стационарной эксплуатационной платформе месторождения «Enchova» в заливе Кампос на шельфе Бразилии. В процессе работ по перекомпоновке устьевое оборудование с добычи нефти на добычу газа возникла утечка газа. Через 12 часов после потери контроля над скважиной произошло воспламенение газа и возник пожар, который при помощи системы орошения удалось локализовать и успешно провести эвакуацию 150 человек персонала.

Ликвидация выброса продолжалась около месяца при помощи кранового судна «Micoperi 7000» («Saipem 7000») и специализированной пожарной команды. Платформа оказалась полностью разрушенной и подлежащей демонтажу. Сумма причиненного ущерба составила приблизительно 460 млн. долл.

1 сентября 1988 г. произошел выброс газа на буровом судне «Viking Explorer», проводившем бурение скважины на шельфе Индонезии на глубине моря 73 м. В результате выброса вышли из строя все источники энергоснабжения и судно начало тонуть. В результате аварии один человек из экипажа судна пропал без вести, 99 членов экипажа были эвакуированы.

21 сентября 1989 г. создалась аварийная ситуация на ППБУ «Treasure Saga», проводившей бурение скважины в норвежском секторе Северного моря на глубине 70 м. В скважине при глубине забоя 4773 м неожиданно возникло высокое давление. Проведенные мероприятия по снижению давления результатов не дали, а после обнаружения утечки газа была проведена частичная эвакуация персонала. Во избежание выброса скважину заглушили, установку сняли с точки бурения.

В мае 1989 г. произошла одна из уникальных аварий (из 12 эксплуатационных скважин 6 горели одновременно) на глубоководной платформе №2 (ГМСП-2), расположенной на месторождении им. 28 Апреля («Гюнешли»), в азербайджанском секторе Каспийского моря на глубине 95–105 м. В соответствии с предположительным выводом комиссии первопричиной возникновения пожара на платформе явился порыв нефтяного коллектора.

В результате до момента перекрытия коллектора нефть и газ, выходящие из места порыва, воспламенились. Усилению огня способствовали также нефть и газ, поступающие из других платформ. Под воздействием огня произошла деформация ферменных конструкций и настила, которые рухнули на фонтанные арматуры. При этом были отбиты и деформированы «елки», отводы, погнулись задвижки и т. п. От этого, а также под воздействием высокой температуры

произошла разгерметизация фланцевых соединений, появились другие места истечения нефти и газа из скважин. Пожар продолжался 18 суток даже после перекрытия коллектора, от горения флюида, выходящего из деформированных фонтанных арматур.

К числу наиболее крупных аварий в истории освоения морских нефтегазовых месторождений, которые сопровождались значительным количеством человеческих жертв, относятся аварии на платформах «Alexsander Kielland» и «Piper Alpha» (рис. 4).

«Alexsander Kielland» – представитель серийных полупогружных установок типа «Пентагон» (название связано с тем, что стабилизирующие колонны установки были расположены по углам правильного пятиугольника с диаметром, описывающей окружности, равным 85 м). К моменту аварии установка использовалась в качестве плавучей гостиницы для персонала, обслуживающего производственные платформы.

28 марта 1980 г. на месторождении Экофиск в Северном море, в 200 милях от Норвегии, во время 9-балльного шторма отломилась одна из стабилизирующих колонн установки, в результате чего угол крена платформы под действием большого кренящего момента достиг 35–45°, и через 15 мин. установка опрокинулась. Жилой блок оказался под водой на глубине 40 м, что и определило трагический исход катастрофы. Из 228 нефтяников, находящихся в плавучей гостинице, погибли 123 человека.

Анализ причин аварии показал отсутствие запаса живучести, т. е. платформа неспособна была выполнять хотя бы частично свои функции при разрушении отдельных элементов. Были выявлены также неудовлетворительное состояние спасательных средств и слабая организация спасательной операции. Авария на платформе «Alexsander Kielland» определила новые критерии в области безопасности в оффшорной промышленности Норвегии.

В ночь с 6 на 7 июля 1988 г. крупнейшая катастрофа, унесшая жизнь 167 человек из 232, находившихся на борту установки, произошла на стационарной платформе «Piper Alpha» в британском секторе Северного моря. В компрессорном отделении производственного блока, расположенного под блоком жилых помещений, произошли взрывы. Первый взрыв вывел из строя систему управления. Через 20 мин. после первого взрыва разорвался газовый райзер, в результате чего в атмосферу попало огромное количество природного газа. Возгорание его привело к образованию огненного шара, полностью покрывшего платформу. Возникший пожар блокировал все пути эва-

куации персонала. Разрыв еще двух газовых и одного нефтяного райзеров ранним утром 7 июля вызвал дополнительное высвобождение угле-водородного топлива и дальнейшее усиление пожара, что привело к существенному разрушению опорных и палубных конструкций, в частности, жилой блок отделился от платформы, упал в воду и затонул. Спасавшиеся были вынуждены выбрасываться прямо в воду с палубы платформы. Поисково-спасательными средствами было поднято из воды 40 тел погибших, а остальные, как полагают, остались в жилом блоке на дне моря. Аварийно-спасательные работы проводились при помощи многоцелевой полу-погружной установки «Tharos» и судов обеспечения. Было принято решение заглушить все 36 свайн, эксплуатировавшихся на платформе, из них пять находились во воспламененном состоянии. ППБУ «Kingsnorth UK» начала бурение разгрузочной скважины к стволу горящей фонтанирующей скважины. С помощью оборудования «Tharos» удалось опустить в скважину пакер с нагнетательным трубопроводом и напором морской воды заглушить ее.

Расследование выявило ряд конструктивных недостатков, малую эффективность спасательных средств и противопожарных систем.

Драматический исход аварии на «Piper Alpha» послужил началом проведения комплекса работ, связанных с определением новых критериев безопасности, в английской оффшорной промышленности.

а)



б)



Рис. 4. Аварии на нефтяных платформах МСП «Piper Alpha» (а) и «Alexsander Kielland» (б)

20 апреля 2010 г. произошла крупная авария на полупогружной платформе «Deepwater Horizon», расположенной на глубине моря около 1520 м на расстоянии 80 км от берега штата Луизиана (США) в Мексиканском заливе.

Полупогружная буровая установка «Deepwater Horizon» швейцарской компании «Transocean» вела разведочное глубоководное бурение. Устье скважины находилось на глубине моря около 1520 м, глубина бурения составляла около 6000 м (рис. 5). Установка впервые проводила глубоководное бурение [3]. По предварительным подсчетам, скважина могла бы давать до 750 млн. л в год.

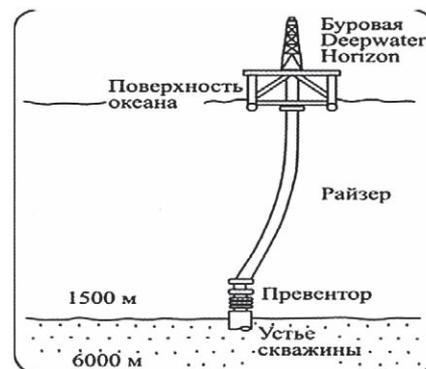


Рис. 5. Схема бурения с использованием ППБУ «Deepwater Horizon»

Взрыв, произошедший на ППБУ, привел к возникновению пожара. По словам персонала, ночную тишину прорвал мощный свист газовой утечки, изпод воды ударила волна метана, и последовал взрыв. Языки пламени полностью окутали установку (рис. 6).

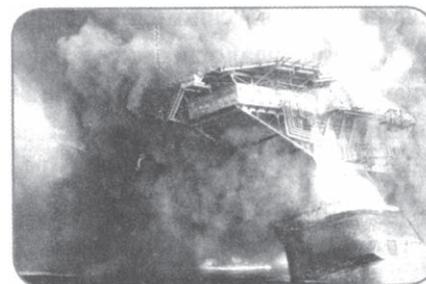


Рис. 6. Пожар на платформе «Deepwater Horizon»

Через 36 часов установка затонула, повредив при этом подводное устье скважины и 1,5-километровый райзер. На установке находились 126 человек. В результате аварии 11 человек сгорели, 17 человек получили ранения.

Для обследования состояния подводно-устьевого оборудования, расположенного на глубине чуть более 1500 м и устранения последствий аварии были задействованы телеуправляемые необитаемые подводные аппараты (ТНПА).

Уникальность операции состояла в одновременном использовании 16 ТНПА с восьми надводных судов (с каждого судна по два аппарата). Такая

форма организации работы ТНПА позволила исключить необходимость частых всплытий, погружений и выходов на рабочую точку аппаратов для смены рабочего инструмента в процессе выполнения различных подводных операций, что способствовало увеличению продолжительности непрерывных работ с 10 до 33 суток.

Осмотр подводного устья скважины, проведенный с использованием нескольких ТНПА, выявил на поврежденной трубе, лежавшей на грунте, утечку нефти из трех точек (рис. 7).



Рис. 7. Утечка нефти из поврежденного райзера

Нефть, выходящая на поверхность воды, образовала пятно, которое уже на 7-й день после аварии увеличилось до 1,5 км<sup>2</sup> (рис. 8).



Рис. 8. Разлив нефти в Мексиканском заливе в результате аварии на платформе «Deepwater Horizon»

В комплексе мероприятий, связанных с ликвидацией аварии, проводились следующие операции:

- установка клапанов на три нефтяные течи. Удалось перекрыть одну из них. На двух оставшихся из-за больших размеров монтаж клапанов не представился возможным;

- реанимация превентера, полностью потерявшему связь с поверхностью (перерезанными оказались электрические кабели управления и гидравлические шланги), с помощью ТНПА. Однако несколько попыток подать гидравлическую жидкость в цилиндры клапанов превентера не привели к желаемому результату – превентер фактически полностью был выведен из эксплуатации (рис. 9);

- перекрытие места утечки железобетонным куполом высотой 12 м и весом 98 т, который в верхней части имел отверстие для откачки нефти через трубу

в танкер, но через день после монтажа внутри купола стали образовываться газогидраты в кристаллической форме, которые могли воспламениться, поэтому конструкцию убрали (рис. 10).



Рис. 9. Обломки райзера на превентере

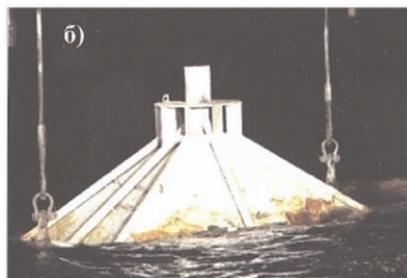


Рис. 10. Подводный купол-контейнер: купол на палубе судна обеспечения (а), спуск купола под воду (б)

- глушение скважины методом Top Kill, который успешно используется при глушении скважин на суше. Он заключается в закачке через верхнюю часть скважины тяжелых технологических жидкостей, так называемого шлама, с последующей цементацией. Но и этот метод оказался неэффективным по причине большой глубины и наличия слишком высокого пластового давления в аварийной скважине, из которой вырывалась нефть.

Единственно позитивным решением оказалось бурение двух разгрузочных скважин, которые должны были снизить давление в аварийной скважине, с последующей закачкой цемента через обводную скважину, пробуренную на глубине 4000 м через горные и осадочные породы под дном океана.

Спустя пять месяцев после аварии, 19 сентября 2010 г. поврежденная подводная скважина была заглушена полностью.

Авария, которая привела к огромной утечке нефти в истории США, создала

крупнейшую экологическую катастрофу в Мексиканском заливе, погубив значительную часть флоры и фауны.

20 июня 2010 г. сенатор от демократической партии США Эд Марки обнаружил данные из конфиденциального документа внутреннего пользования компании «BP», из которого следовало, что из подводной скважины ежедневно вытекало 15,9 млн. л нефти.

О масштабах проведенной операции по ликвидации аварии говорят следующие цифры: в ликвидации аварии участвовали 750 судов различного назначения и 17 000 человек.

Правительственная комиссия США установила, что авария произошла по вине топ-менеджеров трех компаний: «BP» – владельца скважины, «Transocean» – владельца ППБУ, «Halliburton», проводившей бурение.

В ходе расследования было установлено, что причиной аварии стали как человеческий фактор (неправильные действия персонала), так и технические неполадки и недостатки конструкции платформы. При этом бурение велось с нарушением технологического регламента, главной задачей которого были экономия денег и времени.

Расследование «BP» показало, что к взрыву привели как человеческий фактор, в частности неверные решения персонала, так и технические неполадки – нарушения технологического регламента. Инженеры, находившиеся на платформе, неверно истолковали результаты теста по стабильности работы скважины и заменили буровую жидкость, которая тяжелее нефти и природного газа, на морскую воду. Более легкая морская вода оказалась неспособной предотвратить утечку природного газа, который вырвался на поверхность и взорвался. Газ распространился по буровой платформе из-за ошибки с перенаправлением потока из скважины, хотя его можно было сбросить за борт. При этом противопожарные системы не смогли предотвратить его распространение через вентиляционные устройства. В дополнение к выше изложенному на скважине не сработали ни превентор, ни девентор, которые автоматически должны были перекрыть аварийную скважину и тем самым предотвратить утечку огромного количества нефти.

Вместе с тем эта авария выявила ограниченные технические возможности существующих ТНПА в процессе выполнения подводных работ при глубоководном морском бурении.

27 марта 2012 г. в Северном море в 240 км от Абердина на платформе «Elgin» компании «Total» началась утечка газа из скважины, в результате чего вся платформа была окутана газовым облаком. В связи с чрезвычайной ситуацией с платформы был эвакуирован

весь персонал платформы в количестве 238 человек. Более того, были введены ряд ограничений, запрещающих: приближение к платформе на расстоянии менее 4 км, проводить полеты над платформой на высоте менее 5,5 км.

17 августа 2013 г. на разведочной скважине на месторождении «Булла дениз» в Каспийском море на глубине моря 26,5 м произошло открытое фонтанирование газа после чего начался пожар. В результате аварии персонал стационарной платформы численностью 62 человек был эвакуирован, жертв не было (рис. 11).

Выявленные в 70–80-х гг. прошлого столетия промышленные газоконденсатные залежи на этом месторождении характеризуются наличием аномально высоких пластовых давлений (коэффициент аномальности превышает 2,0).

Коварство этого месторождения проявлялось не раз. В частности, в начале 1976 г. на скважине № 22 произошла авария. Эта скважина было высокодебитной – из VII горизонта в интервале 5660–5627 м давала в сутки 500 т конденсата и 1 млн. м<sup>3</sup> газа. По этой причине министерство не разрешило заглушить скважину цементом. Только приступили к ее глушению, как устье скважины взорвалось, и мгновенно возник пожар, при этом высота пламени достигала более 150–200 м.



Рис. 11. Пожар на платформе № 29 месторождения «Булла дениз»

Жар от пламени чувствовался на соседних платформах, расположенных на расстоянии 2–3 км от аварийной платформы. Два нефтяника погибли, остальные члены аварийной группы получили ожоги различной степени.

За время фонтанирование скважины № 22 на месторождении «Булла дениз» было потеряно 1,5 млрд. м<sup>3</sup> газа и 500 тыс. т конденсата.

Через полтора года (в середине 1977 г.) пожар потух, но грифон продолжал действовать. Газ из скважины № 22 по слабоуплотненным проницаемым пластам двигался в сторону скважины № 20, расположенной на расстоянии 800 м от скважины № 22. Газ создал грифон под эксплуатационной скважины № 20, которая в сутки давала 300 т конденсата и 1 млн. м<sup>3</sup> газа. В результа-

те грифона платформа № 20 опрокинулась, а газ и конденсат стали уходить в море. Это была еще одна экологическая катастрофа.

В новом столетии с целью оценки углеводородного потенциала на северо-восточном крыле месторождения «Булла дениз» с платформы № 29 была заложена разведочная скважина, устье которой оборудовано соответствующим противо-выбросовым оборудованием.

По данным Государственной нефтяной компании Азербайджанской Республики, в процессе бурения на глубине 5868 м в 23.00 часа (по местному времени) началось газопоявление. Несмотря на принятые меры, в 23.30 часа скважина перешла на открытое фонтанирование газом и загорелась.

В результате возгорания платформу охватило пламя, образовавшее вокруг платформы высокотемпературный участок радиусом 350 м, который затруднял подход судов к платформе.

Чтобы облегчить подход судов и группы разведки пожара, было решено по возможности направить пламя вертикально. С этой целью с помощью залпов с военных кораблей устье скважины было очищено от препятствующих механизмов и оборудования, тем самым пламя приняло компактную форму и вертикальное направление.

Далее с учетом мирового опыта [2] вокруг устья скважины с помощью компактных водяных струй (рис. 12), сведенных в одну точку и подаваемых с шести противопожарных судов, создали водяной «купол», позволивший работать группе разведки пожара.



Рис. 12. Тушение пожара на платформе № 29 месторождения «Булла дениз»

24 октября 2013 г. (спустя чуть более двух месяцев) в результате совместных усилий специалистов ГНКАР и американской компании «Bootsand Coots» были завершены работы по установке противифонтанного оборудования на устье скважины, в результате чего пожар был потушен.

К сожалению, техногенные катастрофы, связанные с освоением нефтегазовых месторождений, в азербайджанском секторе Каспия в последние годы участились.

К примеру, в октябре 2014 г., стоявшая на нефтяной платформе бытовка опрокинулась в море и повредила трубопровод, что также привело к пожару. Четверо, из работавших на участке погибли, 8 человек получили травмы.

В ноябре 2014 г. на эстакаде, ведущей к нефтяной платформе, произошли обрушение и обрыв нефтепровода. Аварийная приэстакадная площадка провалилась в море, при этом пятеро нефтяников оказались в воде и один погиб.

4 декабря 2015 г. на месторождении «Гюнешли» произошла трагедия, потрясшая весь мир. В 17:40 местного времени на морской стационарной платформе № 10 в условиях продолжительного урагана со скоростью 38–40 м/с, при высоте волн до 8–9 м произошло повреждение подводного газопровода высокого давления.

МСП-10, которая была введена в эксплуатацию в 1984 г., обслуживала 28 скважин, в том числе 24 нефтяные, 4 газовые. Ежедневно с нее добывали 1 млн. м<sup>3</sup> газа и 920 т нефти. На момент аварии на платформе находилось 63 человека. Большое число работников, среди которых были буровики и строители, объяснялось тем, что с МСП-10 планировалось дополнительно пробурить четыре скважины.

а)



б)



Рис. 13. Пожар на МСП-10 месторождения «Гюнешли» (а) и эвакуация персонала с помощью судна «Муслим Магомаев» (б)

По информации ГНКР (SOCAR), в результате аварии произошло возго-

вание в районе расположения буровой вышки, перешедшая в сильный пожар (рис. 13), при этом ураганный ветер отнесил огненное пламя в противоположную от жилого блока сторону (т.е. в сторону от платформы в открытое море).

Для предотвращения гибели людей от пожара все нефтегазовые коммуникации были перекрыты, остановлена добыча углеводородов на платформе.

С помощью противопожарных судов создали водяной «купол» над устьем скважины, и началась подготовка к эвакуации (рис. 14).



Рис. 14. Тушение пожара на МСП-10 месторождения «Гонешли»

В условиях ураганного ветра эвакуация с использованием вертолетов и судов могла оказаться роковой. Попытка эвакуации персонала с использованием спасательных шлюпок, как выяснилось позже, оказалось трагической, хотя опасность, невозможность их использования следовало заранее предвидеть.

В качестве спускоподъемного устройства шлюпок на МСП-10 использовались спусковые устройства гравитационного типа с заваливающимися шлюпбалками, которые обеспечивают вертикальный спуск шлюпок только лишь после вываливания стрел шлюпбалок за борт платформы. Между тем операция по вываливанию шлюпок с людьми на борту относится к категории сложных и небезопасных, особенно в условиях ураганного ветра, и поэтому зачастую спуск проходит не всегда благополучно.

На МСП-10 были установлены спасательные шлюпки старого образца АТ-42 вместимостью 42 человека. В процессе эвакуации в одной шлюпке оказалось 26 человек, в другой – 30 человек.

Одна из шлюпок, в которой находились 26 человек, под воздействием ураганного ветра после ударов о платформу, зацепилась за металлоконструкцию опорного блока и удерживалась в фиксированном положении (рис. 15, а), что помогло впоследствии спасателям поднять пострадавших обратно на платформу.

Далее с помощью специального устройства – переходного, выдвигающегося трапа, установленного на борту пассажирского судна «Муслим Магомаев» – удалось обеспечить прямую эвакуацию людей с платформы непосредственно на борт судна (рис. 15, б).

Судьба второй шлюпки, на которой находились 30 человек, оказалась трагической. Шлюпка с людьми от сильного раскачивания под воздействием урагана раскололась от ударов о платформу, и 30 человек оказались в холодной воде.

Также обращает на себя внимание странное положение, в которой оказалась одна из неиспользованных шлюпок (рис. 15, в), которая, по всей видимости, под воздействием урагана сорвалась с найтовов, удерживающих ее в штатном положении, и оказалась в смещенном, наклонном положении.

В результате проведенной аварийно-спасательной операции из 63 человека были спасены 32 человека. Спустя чуть более двух месяцев, 11 февраля 2016 г., пожар на МСП-10 был потушен.

Анализ аварии на МСП-10 позволяет заключить следующее: при наличии ураганного ветра вероятность проведения безопасной и надежной эвакуационной операции с использованием спасательных шлюпок, как показывает морская практика, незначительна.

Результаты расследований обстоятельств катастроф ППБУ «Alexandri Kielland» и «Ocean Ranger» показали, что эвакуация персонала с использованием спасательных шлюпок и плотов может быть затруднена даже при умеренных погодных условиях. Успешная эвакуация с использованием спасательных шлюпок в штормовых условиях составляет в среднем 16 %, при штилевой погоде – 70% [3].

В подобных условиях, сложившихся на МСП-10, когда ветер отнесил огненное пламя от платформы в море,

наиболее приемлемым способом эвакуации могло быть использование способа «Walk Way» – переход с опасного, терпящего бедствия участка платформы в безопасный участок, с дальнейшим использованием устройства прямой эвакуации, которое по степени конструктивного оформления приспособлено к работе в условиях развитой качки судов на взволнованной поверхности моря.

а)



б)



в)



Рис. 15. Положение спасательных шлюпок на аварийной платформе МСП-10: шлюпка, зацепившаяся за металлоконструкцию опорного блока (а); фрагмент разбившейся шлюпки (б); шлюпка, смещенная от штатного положения (в)

В условиях аварии на МСП-10 безопасным участком был жилой блок. При этом повышенную температуру и густой дым от пожара можно было бы изолировать от жилого блока водяной завесой, создаваемой противопожарными судами с каждого борта платформы. ■

Продолжение следует



## КЛИМАТИЧЕСКИЕ И НАВИГАЦИОННЫЕ ОГРАНИЧЕНИЯ РАБОТЫ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ СУДОВ, НАВИГАЦИОННЫЙ ПЕРИОД

Погода в стране в целом позволяет использовать любые виды водного транспорта примерно восемь месяцев в году. Исключение составляет сезон муссонов (обычно июль–август), когда возможны очень сильные шторма, ливневые дожди и катастрофические наводнения на суше. Поэтому в дальнейшем при расчете экономичности высокоскоростного водного транспорта был принят навигационный период 270 сут., в течение двух месяцев в году движение может быть запрещено, а в период еще двух месяцев будет нерегулярным (принято, что при этом вынужденный простой судов составит один месяц из упомянутых двух).

По данным [4], для использования всех портопунктов Янгона осадка судов должна быть ограничена 2 м; если в Янгоне использовать ограниченное число портопунктов, то осадка может быть увеличена до 4,5 м, что соответствует ограничениям для других морских портов. Мореходность судов в рамках принятого навигационного периода – до 3 баллов по волнению. Некоторое (несущественное) увеличение навигационного периода может быть достигнуто при увеличении мореходности до 4 баллов.

## ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПОВ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ СУДОВ ДЛЯ МЬЯНМЫ

Предварительные оценки типов высокоскоростных судов были даны для выбранных дистанций на основании анализа мирового опыта постройки пассажирских судов.

В настоящее время для коммерческих перевозок используют пассажирские суда и автомобиле-пассажирские паромы. Однако при рассмотрении наиболее общих закономерностей и характеристик может оказаться полезной информация также о высокоскоростных автомобиле-пассажирских паромах.

При проведении анализа не рассматривались такие типы быстроходных судов, как суда на воздушной подушке и экранопланы, так как их поддержание в строю и эксплуатация требуют наличия высокопрофессионального персонала и высокотехнологичных мест базирования, что, в настоящий момент для Мьянмы не представляется реалистичным.

Наличие же в прибрежных районах южных морей большого количества травы, водорослей, мусора создает большие сложности для эксплуатации судов на подводных крыльях: существует риск потери крыльев, достаточно часто приходится очищать их от этого, что существенно ухудшает их характеристики.

В бассейн залива Муотама и южного берега впадают реки, имеющие, существенные суточные и годовые колебания уровней воды и ширины. В период муссонов нередко обширные наводнения. Все это приводит к большой вероятности встречи в море с большим количеством уносимого с берега мусора и растительности, даже если у берегов море будет чистым. Поэтому было принято решение не рассматривать в качестве объектов для исследования СПК в их «классическом» исполнении, сохранив гипотетическую возможность использования СПК с поднимающимися крыльями для облегчения их эксплуатации и возможности плавания без крыльев.

Таким образом, в качестве основных типов судов для высокоскоростных линий будут рассматриваться однокорпусные суда и катамараны.

## ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ СУДОВ НА ВЫБРАННЫХ ЛИНИЯХ

Все оценки делались для круговых рейсов на линии Янгон–Мауламайн (с учетом входа в порты дистанция – около 150 миль) и Янгон – Давэй (270 миль без захода в промежуточные порты и 305 миль с заходом в Мауламайн).

При этом рассматривался критерий себестоимости на основании расчетов провозоспособности пассажиров за год, а также постатейная приближенная оценка переменных и постоянных расходов эксплуатации судна [9] с учетом особенностей страны.

Для каждой линии было рассмотрено применение судов с пассажировмес-

тимальностью 150, 250, 400 человек и скоростью 30, 40 и 45 уз.

Для каждой скорости был разработан сценарий движения. В качестве примера в табл. 3 для судна со скоростью полного хода 40 уз представлен сценарий для наиболее сложного маршрута из Янгона в Давэй с промежуточным заходом в порт Мауламайна, учитывающий снижение скорости на речном участке вблизи Янгона и при входе в порты, что существенно увеличивают временную протяженность маршрута.

Экономические оценки основных характеристик судов каждого из 18 вариантов определялись на базе анализа опыта мирового высокоскоростного судостроения. В частности, для определения водоизмещения судов были приняты значения показателя водоизмещения на одного пассажира, равные 0,4 т для однокорпусного судна и 0,5 т для катамарана. Мощность энергетической установки оценивалась несколькими методами, наиболее логичные результаты были получены при использовании метода, предложенного В. Н. Аносовым [5].

Было найдено, что в качестве параметра, определяющего контрактную стоимость судна с достаточной степенью точности можно использовать мощность энергетической установки. Для оценок контрактной стоимости постройки однокорпусных судов в качестве параметра была принята величина 1,5 тыс долл. за киловатт, для катамарана этот параметр принимался по графику рис. 4. Достоверность результатов была проверена сопоставлением с близкими прототипами (из весьма ограниченного круга опубликованных данных).

Таблица 3

Сценарий кругового маршрута Янгон – новый порт (с промежуточным портом Мауламайна, дистанция 305 миль, максимальная скорость судна 40 уз)

Этап	Дистанция, мили	Скорость, уз	Продолжительность, часы	Мощность, % от полной однокорпусного судна			Мощность, % от полной, катамаран		
				Пассажиры			Пассажиры		
				150	250	400	150	250	400
Загрузка в Янгоне			1	0	0	0	0	0	0
Выход из Янгона на бар	40	20	2	30,7	31,8	31,1	22,7	22,8	24,8
Переход морем от бара к порту Мауламайн	105	40	2,6	100	100	100	100	100	100
Вход в порт Мауламайн	5	20	0,3	30,7	31,8	31,1	22,7	22,8	24,8
Высадка пассажиров			0,5	0	0	0	0	0	0
Выход из порта Мауламайн	5	20	0,3	30,7	31,8	31,1	22,7	22,8	24,8
Переход Мауламайн – вход в новый порт	126	40	3,2	100	100	100	100	100	100
Вход в новый порт	24	20	1,2	30,7	31,8	31,1	22,7	22,8	24,8
Возвращение – на следующий день в обратном порядке									

**Эксплуатационно-экономические показатели работы  
высокоскоростных катамаранов за навигационный период  
270 дней на линии 305 миль**

Показатель									
Пассажировместимость, чел	150	150	150	250	250	250	400	400	400
Скорость, уз	30	40	45	30	40	45	30	40	45
Стоимость, млн. долл.	2,9	3,8	5,1	5,2	6,2	8,8	5,8	7,7	11,4
Провозная способность	32400	32400	32400	54000	54000	54000	86400	86400	86400
Постоянные расходы	1113,1	1424,5	1874,3	1908,9	2254,9	3154,6	2130,8	2788,3	4068,6
Переменные расходы	2051,3	2212,4	2647,3	3715,3	3913,1	4882,1	5073,1	5275,5	6467,16
Суммарные расходы в сутки, долл.	3164,4	3636,9	4521,6	5624,2	6168	8036,7	7203,9	8063,8	10535,8
Суммарные расходы в год, млн. долл.	0,854	0,982	1,221	1,519	1,665	2,170	1,945	2,177	2,845
Себестоимость, долл.	26,370	30,308	37,680	28,121	30,840	40,184	22,512	25,199	32,924

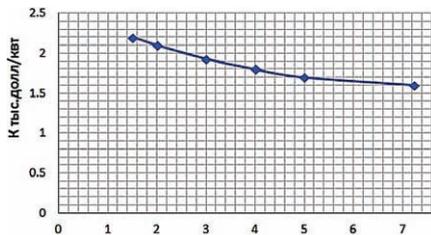


Рис. 4. Значения относительного коэффициента контрактной стоимости катамаранов в зависимости от мощности

Дополнительную сложность при исследовании характеристик эксплуатации вносила необходимость работы на частичной мощности со скоростью 20 уз в районе Янгона. Для оценки были построены графики изменения мощности высокоскоростных судов от скорости по обобщенным данным, предоставленным Крыловским ГНЦ [7] для катамаранов и однокорпусных судов (рис. 5, 6).

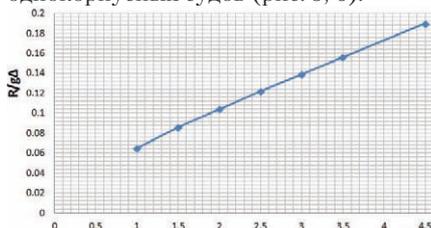


Рис. 5. Типичные значения безразмерного сопротивления однокорпусного судна от числа Фруда по водоизмещению

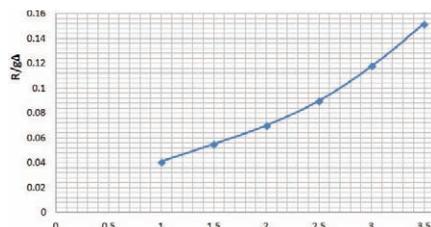


Рис. 6. Типичные значения безразмерного сопротивления катамарана от числа Фруда по водоизмещению

Определенные таким образом параметры позволили оценить постоянные и переменные расходы при эксплуатации судов по статьям затрат. В качестве постоянных расходов учитывались зарплата экипажа в сутки с учетом налогов, стра-

ховая стоимость судна, амортизационные отчисления с учетом административных расходов, расходы на ремонт и техническое обеспечение. Все характеристики принимали, исходя из сведений о зарплате моряков в Мьянме, а также с учетом данных по затратам, приведенным в [8].

Переменные расходы включали портовые сборы, данные по сценариям о времени работы и расходу топлива на полной скорости и парциальных режимах.

По данным расчетов были оценены экономические характеристики эксплуатации судов по критерию себестоимости перевозки одного пассажира. В качестве примера в табл. 4 приведены данные для катамаранов на дистанции 305 миль, позволяющие оценить величину различных составляющих расходов.

Пример зависимости себестоимости от скорости и пассажировместимости судов, эксплуатируемых на дистанции 305 миль, представлен на графиках рис. 7 и 8.

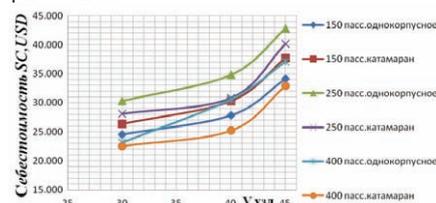


Рис. 7. Зависимость себестоимости SC от скорости

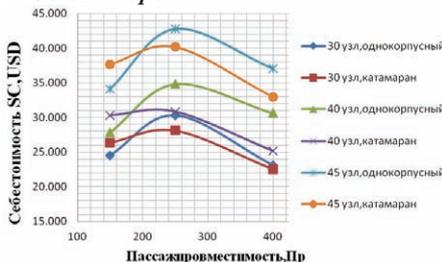


Рис. 8. Зависимость себестоимости SC от пассажировместимости

Как видно, наилучшие экономические показатели имеют однокорпусные суда на 150 пассажиров со скоростью полного хода 30 уз и катамараны на 400 пассажиров со скоростью полного хода 40 уз.

Первый вариант подходит для судов при start-up, второй вариант обеспечи-

вает работу при необходимости массовой перевозки пассажиров и будет иметь успех уже на этапе развитого бизнеса.

Из графиков рис. 7 и 8 ясно, что увеличение скорости свыше 40 уз приводит к значительному увеличению себестоимости, в то же время на длинной дистанции даже скорость в 45 уз не позволяет выполнить за день круговой рейс (только рейс в одну сторону). Была рассчитана также себестоимость перевозок при скорости 55 уз как минимальной, при которой с некоторыми оговорками возможно выполнение кругового рейса за день. Для этих оценок были использованы данные катамарана по проекту фирмы MTD SF40 [6] на 330 пассажиров с убирающимся передним крылом. Как показали расчеты, выполненные по аналогичной методике, использование такого катамарана, даже с увеличением вдвое провозной способности за счет выполнения кругового рейса вместо рейсов в один конец, приводит к увеличению стоимости до 46 долл. за пассажира, т. е. более чем в полтора раза по сравнению с катамараном на 400 человек со скоростью 40 уз.

Приведенный пример показывает, насколько важен для оценки эффективности водного транспорта выбор скорости полного хода судна в привязке к данной линии.

Как показано в настоящей работе, опыт анализа высокоскоростного водного транспорта Российской Федерации оказался весьма полезен для Союза Мьянма. Выявленные перспективы высокоскоростных перевозок повысит привлекательность водных транспортных деловых и иных перевозок между городами страны, тяготеющими к побережьям Моутамы и Танинтай.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ляховицкий А. Г., Йе Тет Тхун, Пью Зо Хейн. Особенности проектного обоснования скоростных судов для прибрежных морских районов и внутренних водных путей // Морские интеллектуальные технологии. – 2008. – № 1 (1). – С. 14–17.
2. Ляховицкий А. Г. Основы проектирования скоростных судов. – СПб.: Изд. центр СПбГМТУ, 2009. – 181 с.
3. Lyakhovitsky A. G. Shallow Water and Supercritical Ships. – Backbone Publishing Co., Fair Lawn, NJ, USA, 2007. – 277 p.
4. Атлас океанов. – Т. 3: Атлантический и Тихий океаны. – М.: Изд-во МО, 1973.
5. Аносов В. Н. Быстроходные суда в конце XX столетия. – СПб.: Политехника, 2002.
6. Абрамовский А. В. Разработка методов технико-экономического анализа и комплексной оценки экономической эффективности высокоскоростных судов. – СПб.: СПбГМТУ, 2014.
7. <http://krylov-center.ru/rus/>
8. Перспективы развития высокоскоростного водного транспорта в России. Многография / Под ред. А. В. Пустошного. – СПб.: ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова, 2010. – 126 с. ■

# ОЦЕНКА ТЯГИ И СКОРОСТИ ВОЛНОВОГО ГЛАЙДЕРА НА ОСНОВЕ УПРОЩЕННОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

К.В. Рождественский, *д-р техн. наук, проф., начальник управления по международному сотрудничеству СПбГМТУ, контакт. тел. +7(921) 298 3421, +7(921) 380 7506*

Волновой глайдер (ВГ) представляет собой автономный необитаемый морской аппарат, включающий два модуля: надводный, совершающий колебания (качку) под воздействием волнения, и связанный с ним кабель-тросом подводный – в виде крыла или системы крыльев, генерирующий тягу благодаря колебаниям, вызванным качкой верхнего модуля [1].

В настоящей работе предлагается метод оценки тяги и скорости ВГ на основе упрощенной математической модели с привлечением методов и результатов теории «машущего» крыла [2–5].

Рассмотрим вертикальные колебания ВГ с верхним модулем в виде прямоугольного в плане «плотика» длиной  $l$  и шириной  $b$  по ватерлинии. Пусть в положении равновесия на «тихой воде» «плотик» имеет осадку  $d$  и площадь ватерлинии  $S_{WL}^0 = lb$ , оси  $x$  и  $y$  правой декартовой системы координат  $(x, y, z)$  лежат в плоскости симметрии, а оси  $x$  и  $z$  – в плоскости невозмущенной поверхности воды. Ось  $x$  направлена направо, а ось  $y$  – вверх. В общем случае непараллельности «плотика» площадь его сечения плоскостью, параллельной  $xOz$ , описывается функцией  $S_{WL}(y)$ , причем  $S_{WL}(0) = S_{WL}^0$ .

Пусть прогрессивные волны бегут направо с фазовой скоростью  $U_{phase} = \omega(k_\lambda) / k_\lambda$ , где в общем случае акватории конечной глубины  $H$  временная (круговая) частота  $\omega(k_\lambda)$  связана с волновым числом  $k_\lambda = 2\pi/\lambda$  ( $\lambda$  – длина волны) следующим соотношением, вытекающим из комбинированного линейного условия на свободной поверхности воды:

$$\omega^2(k_\lambda) = gk_\lambda \operatorname{th}(k_\lambda H). \quad (1)$$

Если при этом ВГ движется налево со скоростью  $U_0$ , то волны бегут относительно «плотика» со скоростью

$$U_{wave} = U_{phase} + U_0 = \sqrt{\frac{g}{k_\lambda}} \operatorname{th}(k_\lambda H) + U_0 = U_0 \left( 1 + \frac{1}{Fr_c} \sqrt{\frac{\lambda}{2\pi \cdot c}} \operatorname{th} \frac{2\pi H}{\lambda} \right), \quad (2)$$

где  $Fr_c = U_0 / \sqrt{gc}$  – число Фруда по хорде крыла подводного модуля.

При этом кажущаяся частота  $\omega_a = k_\lambda U_{wave}$ . (3)

Полагая, что верхний и нижний модуль жестко связаны между собой, запишем уравнение вынужденных колебаний ВГ в направлении оси  $y$ . При этом учтем, что кроме инерционных сил на ВГ действуют: восстанавливающая архимедова сила

$$R_y^A = \rho g \left( S_{WL}^0 + \frac{dS_{WL}}{dy} \Big|_{y=0} \right) y, \quad (4)$$

( $\rho$  – плотность воды,  $g$  – ускорение свободного падения), нестационарная

подъемная сила крыла  $R_{ywing}$ , обусловленная его колебаниями, и нестационарная возмущающая архимедова сила  $R_{ywave}$  за счет периодического изменения смоченного объема «плотика». Искомое уравнение получено в виде

$$(M + m)\ddot{y} + \rho g [S_{WL}^0 + S'_{WL}(0)y]y = R_{ywing} + R_{ywave}, \quad (5)$$

где  $M$  – масса ВГ,  $m$  – присоединенная масса несущей части ВГ,  $S'_{WL}(0) = dS_{WL}/dy$  при  $y=0$ .

Представляя подъемную силу колеблющегося крыла в виде разложения по кинематическим параметрам и вычисляя вынуждающую силу от волн по гипотезе Фруда–Крылова как соответствующее изменение архимедовой силы

$$R_{ywing} = R_{ywing}^y \dot{y} + R_{ywing}^{\ddot{y}} \ddot{y}, \quad (6)$$

$$R_{ywave} = \rho g b \int_{-l/2}^{l/2} y_{wave} dx = \rho g b a_w \int_{-l/2}^{l/2} \cos(k_\lambda x - \omega_a t) dx = \frac{2\rho g b a_w}{k_\lambda} \sin\left(\frac{\pi \cdot l}{\lambda}\right) \cos(\omega_a t), \quad (7)$$

где  $a_w$  – амплитуда волны, запишем уравнение вынужденных колебаний ВГ в следующем виде:

$$(M + m - R_{ywing}^y)\ddot{y} - R_{ywing}^{\ddot{y}} \dot{y} + \rho g S_{WL}^0 y + \rho g S'_{WL}(0)y^2 = \frac{2\rho g b a_w}{k_\lambda} \sin\left(\frac{\pi \cdot l}{\lambda}\right) \cos(\omega_a t). \quad (8)$$

Для приведения уравнения (8) к безразмерному виду введем в качестве характерной длины половину хорды крыла  $c/2$ , а в качестве характерной скорости – скорость  $U_0$  движения ВГ. Тогда безразмерное время  $\tau$  и безразмерное вертикальное перемещение «плотика»  $\eta$  могут быть записаны в виде

$$\tau = t \frac{2U_0}{c}, \eta = \frac{2y}{c}. \quad (9)$$

Вводя в рассмотрение мгновенное значение коэффициента  $C_{ywing}$  подъемной силы колеблющегося подводного крылового профиля и его производные по безразмерным кинематическим параметрам  $\dot{\eta}$  и  $\ddot{\eta}$

$$C_{ywing} = \frac{2R_{ywing}}{\rho U_0^2 S_{wing}} = C_{ywing}^{\dot{\eta}} \dot{\eta} + C_{ywing}^{\ddot{\eta}} \ddot{\eta}, \quad (10)$$

где  $S_{wing}$  – площадь крыла в плане), а также учитывая, что на «тихой воде» масса ВГ уравновешивается силой плавучести, т.е.  $M = \rho S_{WL}^0 d$ , где  $d$  – осадка «плотика»,

можно переписать уравнение колебаний ВГ на волнении в следующем виде:

$$\left[ 1 + \bar{m} - C_{ywing}^{\dot{\eta}} \frac{c}{4d} \left( \frac{S_{wing}}{S_{WL}^0} \right) \right] \ddot{\eta} - \frac{c}{4d} \left( \frac{S_{wing}}{S_{WL}^0} \right) C_{ywing}^{\ddot{\eta}} \dot{\eta} + \left( \frac{gc}{U_0^2} \right) \frac{c}{4d} \eta + \left( \frac{gc}{U_0^2} \right) \frac{S'_{WL}}{S_{WL}^0} \frac{c^2}{4d} \eta^2 = \left( \frac{gc}{U_0^2} \right) \frac{\lambda}{2\pi} \frac{b a_w}{S_{WL}^0 d} \sin\left(\frac{\pi l}{\lambda}\right) \cos\left(\frac{\omega_a c}{2U_0} \tau\right). \quad (11)$$

Разделив обе части уравнения на коэффициент при  $\ddot{\eta}$  и вновь вводя в рассмотрение число Фруда по хорде крыла  $Fr_c = U_0 / \sqrt{gc}$ , получим искомое уравнение в безразмерном виде

$$\ddot{\eta} + 2\beta \dot{\eta} + \kappa^2 \eta + \varepsilon \eta^2 = \delta_w \cos(k_a \tau), \quad (12)$$

где

$$2\beta = \frac{-\frac{c}{4d} \left( \frac{S_{wing}}{S_{WL}^0} \right) C_{ywing}^{\dot{\eta}}}{1 + \bar{m} - C_{ywing}^{\dot{\eta}} \frac{c}{4d} \left( \frac{S_{wing}}{S_{WL}^0} \right)}; \quad (13)$$

$$\kappa^2 = \frac{\frac{gc}{U_0^2}}{1 + \bar{m} - C_{ywing}^{\dot{\eta}} \frac{c}{4d} \left( \frac{S_{wing}}{S_{WL}^0} \right)}; \quad (14)$$

$$\varepsilon = \frac{\frac{c^2 S'_{WL}}{4Fr_c^2 S_{WL}^0 d}}{1 + \bar{m} - C_{ywing}^{\dot{\eta}} \frac{c}{4d} \left( \frac{S_{wing}}{S_{WL}^0} \right)}; \quad (15)$$

$$\delta_w = \frac{\frac{\lambda a_w b}{2\pi Fr_c^2 d} \sin\left(\frac{\pi l}{\lambda}\right)}{1 + \bar{m} - C_{ywing}^{\dot{\eta}} \frac{c}{4d} \left( \frac{S_{wing}}{S_{WL}^0} \right)}; \quad (16)$$

$$k_a = \frac{\omega_a c}{2U_0}. \quad (17)$$

Здесь  $k_a$  можно рассматривать как число Струхала по кажущейся круговой частоте  $\omega_a$ .

Для простоты рассмотрим сначала случай прямобортного «плотика», для которого  $S_{WL}(y) \equiv S_{WL}^0$ ,  $S'_{WL}(0) = 0$ ,  $\varepsilon = 0$ . Нетрудно видеть, что в этом случае уравнение (12) представляет собой стандартное уравнение теории колебаний, решение которого можно получить в аналитическом виде. Однородное решение  $\eta_h(\tau)$  уравнения (12) ( $\delta_w = 0$ ) при начальных условиях  $\dot{\eta}(0) = \eta_0$  и  $\ddot{\eta}(0) = \dot{\eta}_0$  имеет вид

$$\eta_h(\tau) = \exp(-\beta\tau) [\eta_0 \cos(\sqrt{\kappa^2 - \beta^2}\tau) + \frac{\dot{\eta}_0 + \beta\eta_0}{\sqrt{\kappa^2 - \beta^2}} \sin(\sqrt{\kappa^2 - \beta^2}\tau)]. \quad (17)$$

Частное (неоднородное) решение  $\eta_{nh}(\tau)$  уравнения (12), удовлетворяющее правой части ( $\delta_w \neq 0$ ), имеет вид

$$\eta_{nh}(\tau) = \frac{a_w [(\kappa^2 - k_a^2) \cos(k_a \tau) + 2\beta k_a \sin(k_a \tau)]}{(\kappa^2 - k_a^2)^2 + 4\beta^2 k_a^2}. \quad (18)$$

Так как однородное решение уравнения (12), соответствующее свободным колебаниям, при наличии демпфирования убывает экспоненциально быстро, для вычисления тяги при вынужденных колебаниях ВГ на волнении достаточно рассмотреть неоднородное решение (12). При этом амплитуда  $A_w$  вынужденных колебаний найдена в виде

$$A_w = \frac{\delta_w}{\sqrt{(\kappa^2 - k_a^2)^2 + 4\beta^2 k_a^2}}. \quad (19)$$

Рассмотрение (17) показывает, что возможны резонансные колебания ВГ, сопровождающиеся значительным ростом тяги.

С целью максимального упрощения математической модели и иллюстрации предлагаемого подхода обратимся к случаю чисто вертикальных колебаний крыла, при которых тяга на крыле реализуется за счет так называемой «подсасывающей силы». В этом случае согласно [2] производные коэффициента нестационарной подъемной силы по кинематическим параметрам  $\dot{\eta}$  и  $\ddot{\eta}$  могут быть вычислены по формулам

$$C_{y\text{wing}}^{\dot{\eta}} = -2\pi F(k_a); \quad (20)$$

$$C_{y\text{wing}}^{\ddot{\eta}} = -\pi \left[ 1 + 2 \frac{G(k_a)}{k_a} \right]. \quad (21)$$

Функции  $F(k_a)$  и  $G(k_a)$ , входящие в формулы (18) и (19), представляют собой соответственно действительную и мнимую части функции Теодорсена (см. [3]), которая, в свою очередь, выражается через функции Ганкеля второго рода первого  $H_1^{(2)}(k_a)$  и нулевого  $H_0^{(2)}(k_a)$  порядков следующим образом:

$$C(k_a) = F(k_a) + iG(k_a) = \frac{H_1^{(2)}(k_a)}{H_1^{(2)}(k_a) + iH_0^{(2)}(k_a)}. \quad (22)$$

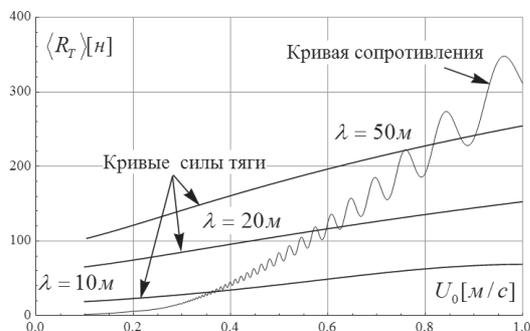


Рис. 1. К вычислению скорости и тяги ВГ (умеренные и большие длины волн)

Коэффициент  $\langle c_T \rangle$  средней по периоду колебаний силы тяги и *идеальный* КПД крыла-двигателя вычислим по формулам, приведенным в [2]:

$$\langle c_T \rangle = \pi k_a^2 A_w^* [F^2(k_a) + G^2(k_a)], \quad (23)$$

$$\eta_i(k_a) = \frac{F^2(k_a) + G^2(k_a)}{F(k_a)}. \quad (24)$$

Заметим, что в (21) амплитуда колебаний приведена к полной хорде крыла, так что  $A_w^* = A_w / 2$ .

Применение изложенной выше упрощенной математической модели позволяет связать характеристики волнения и самого волнового глайдера с тягой, развиваемой на его подводном крыльевом модуле, и, соответственно, со скоростью его движения.

Для определения средней за период силы тяги нужно умножить коэффициент тяги на скоростной напор и площадь крыла в плане, т.е.

$$\langle R_T \rangle = \langle c_T \rangle \frac{\rho U_0^2}{2} S_{\text{wing}}. \quad (25)$$

Для проектирования ВГ представляет интерес оценка его скорости  $U_0$  на заданном волнении. Для нахождения  $U_0$  следует приравнять тягу, создаваемую крыльевым модулем, сопротивлению ВГ. Учитывая, что при стационарном движении сопротивление воды движению ВГ складывается из волнового сопротивления «плотика» и вязкостное сопротивление всего аппарата, можно записать

$$\langle R_T \rangle = R_{x\text{wave}} + R_{x\text{viscous}}. \quad (26)$$

В данной работе для весьма приближенной оценки скорости движения ВГ волновое сопротивление «плотика» определяется по формулам, приведенным в [6] для корпуса с «клиновидными» оконечностями, а вязкостное складывается из сопротивления трения модулей, рассчитываемого по методу «эквивалентной пластины» с учетом режима обтекания модулей, а также сопротивления кабель-троса.

Примером для вычисления волнового сопротивления следующую формулу, связывающую комплексную функцию  $A(\theta)$  волновых амплитуд, с волновым сопротивлением [7]

$$R_{x\text{wave}} = \frac{1}{2} \pi \rho U_0^2 \int |A(\theta)|^2 \cos^3 \theta d\theta. \quad (27)$$

Для случая прямообортного корпуса общей длиной  $l$  с клиновидными оконечностями и вставкой постоянной ширины  $b$  и длиной  $l_p$  при постоянной осадке  $d$  в [6] приведено следующее выражение для вычисления волновой комплексной функции  $A(\theta)$ :

$$A(\theta) = \frac{4C_p}{\pi i v_w} [1 - \exp(-v_w d \sec^2 \theta)] \times [\cos(0,5 v_w l_p \sec \theta) - \cos(0,5 v_w l \sec \theta)], \quad (28)$$

где  $i = \sqrt{-1}$ ,  $v_w = g / U_0^2$ ,  $C_p = b / (l - l_p)$ .

Вязкостное сопротивление ВГ оценим по формуле

$$R_{x\text{viscous}} = \frac{\rho U_0^2}{2} (C_{f\text{raft}} \Omega_{\text{raft}} + C_{f\text{wing}} \Omega_{\text{wing}}) + R_{x\text{umb}}, \quad (29)$$

где  $\Omega_{\text{raft}}$  и  $\Omega_{\text{wing}}$  — это смоченные поверхности «плотика» и крыла соответственно,  $C_{f\text{raft}}$  и  $C_{f\text{wing}}$  представляют собой коэффициенты трения, определяемые по формулам при турбулентном обтекании по формуле Прандтля–Шлихтинга

$$C_f = \frac{0,455}{(\log \text{Re})^{2,58}}, \quad (30)$$

а в случае ламинарного обтекания — по формуле Блазиуса

$$C_f = \frac{1,328}{\sqrt{\text{Re}}}. \quad (31)$$

В формулах (28) и (29) числа Рейнольдса составлены по длинам «плотика» и крыла соответственно.  $R_{x\text{umb}}$  — это сопротивление кабель-троса, связывающего верхний и нижний модули.

Для оценки достоверности подхода выполнен ряд расчетов для конкретного варианта ВГ при следующих значениях параметров:  $l = 2$  м,  $b = 0,6$  м,  $d = 0,2$  м,  $l_w = 1,5$  м,  $c = 0,3$  м,  $m = 0,3$  М,  $h = 0,5$  м ( $h$  — заглубление крыла),  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>,  $\nu = 1,3 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с,  $d_{\text{umb}} = h = 5$  м,  $C_{x\text{umb}} = 1$  (в предположении ламинарного отрыва), длина волны варьировалась в пределах  $5 \leq \lambda \leq 50$ , с учетом статистики морского волнения было принято  $a_w = \lambda / 40$ . При расчете волнового сопротивления длина вставки постоянной ширины была принята равной  $l_p = 0,97l$ .

Характерные результаты расчета кривых сопротивления и располагаемой тяги приведены на рис. 1 и 2. Расчетные данные по тяге, скорости движения и идеальном КПД приведены в табл. 1.

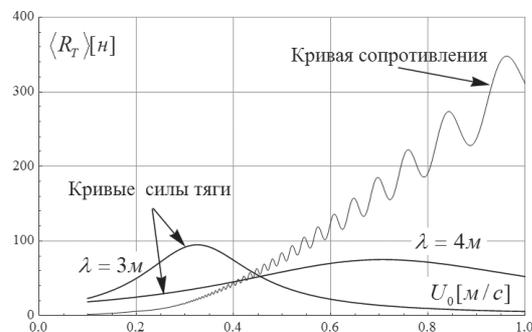


Рис. 2. К вычислению скорости и тяги ВГ (малые длины волн)

Таблица 1

**Скорость, тяга и идеальный КПД ВГ в расчетном случае для волн различной длины**

$\lambda$ , м	$U_0$ , м/с	$\langle R_T \rangle$ , Н	$\eta_i$
3	0,43	60	0,53
4	0,40	45	0,53
5	0,37	33	0,53
10	0,38	38	0,53
20	0,51	72	0,54
30	0,62	117	0,56
40	0,73	172	0,57
50	0,90	241	0,58

Рис. 2 и табл. 1 в определенной степени подтверждают, что при малых длинах волн возможно резонансное возрастание тяги ВГ.

Интересно оценить влияние заглубления крыла на тягу ВГ. На крыло, движущееся на глубине  $h$ , может действовать дополнительная сила тяги, обусловленная орбитальным движением части (эквивалентным так называемому *гармоническому порыву*). Заметим, что коэффициент средней за период силы тяги на крыловом профиле, обусловленной влиянием гармонического порыва приведен в [2] в виде

$$\langle c_T \rangle = \pi w_0^2 \{ [J_0(k_a)F(k_a) + J_1(k_a)G(k_a)]^2 + [J_0(k_a)G(k_a) - J_1(k_a)F(k_a)]^2 \}. \quad (30)$$

В этом выражении  $J_0(k_a)$  и  $J_1(k_a)$  есть функции Бесселя первого рода нулевого и первого порядка, а  $w_0$  – амплитуда вертикального гармонического порыва, отнесенная к  $U_0$ . С учетом результатов теории прогрессивных волн [8] и обозначений настоящей работы можно получить для  $w_0$  на глубине  $h$  для случая жидкости бесконечной глубины  $H = \infty$  следующее выражение:

$$w_0 = \frac{a_w k_\lambda}{2k_a Fr_c^2} \exp(-k_\lambda h), \quad (31)$$

из которого следует, что с глубиной скорость вертикального порыва, обусловленного орбитальным движением жидкости, убывает как экспонента с показателем  $-2\pi h/\lambda$ .

Если, находясь на глубине  $h$ , крыло одновременно совершает вертикальные колебания (в данном случае в составе ВГ) и подвергается воздействию гармонического порыва, то коэффициент средней тяги можно определить по формуле

$$\langle c_T \rangle = \frac{\pi}{4} [(a_c^y + a_c^w)^2 + (a_s^y + a_s^w)^2], \quad (32)$$

где

$$a_c^y = 2k_a A_w G(k_a); \quad a_s^y = 2k_a A_w F(k_a); \quad (33)$$

$$a_c^w = \frac{a_w k_\lambda}{k_a Fr_c^2} \exp\left(-\frac{2\pi h}{\lambda}\right) [J_0(k_a)F(k_a) + J_1(k_a)G(k_a)]; \quad (34)$$

$$a_s^w = \frac{a_w k_\lambda}{k_a Fr_c^2} \exp\left(-\frac{2\pi h}{\lambda}\right) [J_0(k_a)G(k_a) - J_1(k_a)F(k_a) - J_1(k_a)]. \quad (35)$$

На рис. 3 приведены данные, характеризующие влияние заглубления крыла. В частности, оказывается, что при уменьшении заглубления крыла со значения  $h = 5$  до значения  $h = 3$  тяга ВГ в расчетном примере тяга крыла увеличилась с 47 до 70 Н, а его скорость – соответственно с 0,43 м/с до 0,56 м/с.

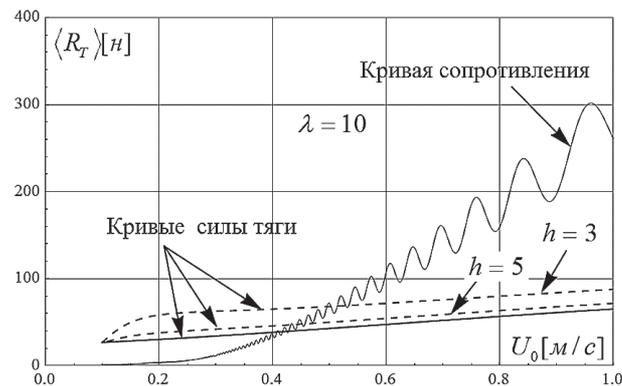


Рис. 3. К оценке влияния заглубления крыльевого модуля

В заключение отметим, что в данной работе с применением упрощенной математической модели, получены основные соотношения, позволяющие связать параметры волнового глайдера и морского волнения с его функционированием, в частности, с генерируемой

подводным модулем тягой и скоростью аппарата.

Автор выражает признательность профессору В.А. Рыжову за участие в обсуждении этой работы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кожмякин И.В., Рождественский К.В., Рыжов В.А., Смольников А.В., Татаренко Е.И., Подводные глайдеры: вчера, сегодня, завтра. – Ч. 2 // Морской вестник. – 2013. – №2 (46). – С.98–101.
2. Рождественский К.В., Рыжов В.А. Математические модели в теории машущего крыла. – Л.: Изд-во ЛКИ, 1985, 104 с.
3. Некрасов А.И. Собрание сочинений. – Т. II. – М.: Изд-во АН СССР, 1962, с.52.
4. Rozhdestvensky K.V., Ryzhov V.A. Aerodynamics of Flapping Wing Propulsors. – In Progress in Aerospace Sciences, 2003, 39, p. 585–633, Elsevier Publishers.
5. Rozhdestvensky K.V., Ryzhov V.A., Kurapov A.L. Hydrodynamic design of Thrust Generators Based on Oscillating Wings. – Twentieth Symposium on Naval Hydrodynamics, 1994, Santa Barbara, p. 157–173.
6. Odd M. Faltinsen. Hydrodynamics of

High-Speed Marine Vehicles. – Cambridge University Press, 2005.

7. Newman J.N. Marine Hydrodynamics, Cambridge, The MIT Press, 1977.
8. Федяевский К.К., Воиткунский Я.И., Фаддеев Ю.И. Гидромеханика. – Л.: Судостроение», 1968. – 567 с. ■

**Т**ак моряки называли корабли пр. 61 за характерный звук работающих газовых турбин. Корабли интенсивно эксплуатировались на всех флотах Советского Союза.

Оперативно-тактическое задание на разработку проекта сторожевого корабля противовоздушной и противолодочной обороны было утверждено главнокомандующим ВМФ СССР С. Г. Горшковым 14 марта 1956 г.

Тактико-техническое задание на его проектирование было утверждено главнокомандующим ВМФ 3 декабря 1956 г. В процессе проектирования было проработано несколько вариантов компоновки вооружения корабля. В итоге остановились на линейной схеме размещения, которая позволяла использовать на один борт все средства ПВО: два зенитных ракетных и два зенитных артиллерийских комплекса, что было особенно важно при отражении групповых целей, идущих на корабль.

После многочисленных проработок и сравнительных оценок различных вариантов было решено разместить антенны гидроакустических станций общего обнаружения и управления стрельбой противолодочного оружия в выдвижном обтекателе. Это позволило уменьшить осадку корабля с 7 до 4 м (при поднятом обтекателе) и обеспечить условия эксплуатации, аналогичные условиям на кораблях без подкильного обтекателя ГАС.

Первоначально предполагалось, что корабль будет оснащен традиционной для кораблей Северного ПКБ котлотурбинной энергетической установкой. Однако проработка показала, что в этом случае, при выполнении всех требований ОТЗ, корабль будет иметь стандартное водоизмещение около 3600 т, что не удовлетворяло моряков, стремившихся получать более «компактный» СКР. В результате ВМФ предложил промышленности проработать вариант с использованием газотурбинной энергетической установки (ГТУ), что позволяло уменьшить водоизмещение корабля примерно на 15%. При рассмотрении материалов проекта в центральных управлениях ВМФ решение о переходе на газовые турбины было принято окончательно.

Таким образом, впервые в мировой практике началось проектирование достаточно крупного корабля с ГТУ, предназначенной для использования на всех режимах плавания.

Первый зарубежный серийных корабль с ГТУ – английский фрегат «Amazon» (головной корабль – Туре 21, 3300 т) – вошел в строй лишь в 1974 г., в то время, когда постройка всей серии кораблей 61-го проекта была уже завершена.

## «ПОЮЩИЕ ФРЕГАТЫ»

*В.Е. Юшин, д-р техн. наук, проф.,  
академик Российской инженерной академии, АО «Северное ПКБ»,  
контакт. тел. (812) 936 7132, 784 7674*



**Большой противолодочный корабль «Образцовый» пр. 61**

Как уже говорилось, корабль пр. 61 принципиально отличался от ранее построенных для ВМФ СССР кораблей наличием двух ЗРК «Волна» и применением в качестве ГТУ все-режимной газотурбинной установки. Для усиления средств ПЛО на корабле предусматривалось использование вертолета Ка-25 в противолодочном варианте в качестве выносного средства гидроакустического обнаружения и поражения подводных лодок.

Разработчиком ГТУ стал Южный турбинный завод (ЮТЗ) в Николаеве: единственное в мире предприятие, освоившее к тому времени серийный выпуск корабельных ГТУ. Основным преимуществом таких установок, кроме значительно меньшей массы, были высокая маневренность, быстрый пуск и набор мощности, высокая степень автоматизации, что позволило сократить численность личного состава БЧ-5, большая, по сравнению с котлотурбинными ЭУ экономичность на скоростях хода выше 24 уз при практически одинаковой экономичности на оперативно-экономической скорости, возможность в короткие сроки произвести замену газовых турбин и выполнить агрегатный ремонт ГЭУ.

В окончательном варианте для кораблей пр. 61 была выбрана двухвальная ГТУ с двумя автономными главными газотурбинными агрегатами М-3 мощностью по 36 000 л.с. Срок службы каждого двигателя определялся в 3000 часов. Из них на мощность 100% приходилось 100 часов, на мощность 80% – 200 часов и на 50–60% – 2700 час.

Для привода главных электрогенераторов также использовались газовые турбины ГТУ-6 производства завода «Экономайзер». Корабль имел четыре газоотводные трубы – по две над каждым машинным отделением. Их размеры выбирали, исходя из необходимости замены турбин и ГТУ-6 через люки в трубах. Учитывалось и требование

обеспечения скрытности за счет снижения температуры отходящих газов за счет интенсивного смешивания их с наружным воздухом в кожухе трубы.

Для получения заданной в ТТЗ скорости хода корпус корабля был принят с очень острыми обводами. Отношение длины к ширине составляло 9,5. Вместе с постоянным ростом в процессе проектирования массы вооружения это несколько ухудшало остойчивость корабля. Для сохранения необходимой остойчивости на больших углах наклона надводная часть корпуса была несколько уширена, появился слом борта у нижней палубы от 45-го шп. до транца.

Надстройка имела протяженность, около 2/3 длины корпуса. Как и внутренние выгородки, а также ряд фундаментов отдельных устройств она была выполнена из сплава АМг, что позволило уменьшить массу корпуса и понизить центр масс корабля. Конструкции в районах размещения мачт, пусковых установок ЗРК, РЛС систем управления, а также ходовой пост выполнялись стальными.

Гладкопалубный корпус корабля делился главными поперечными переборками на 15 отсеков. Два из них полностью занимала ГТУ (носовое и кормовой машинные отделения). В каждом из них размещалось по одному газотурбозубчатому агрегату и по два ГТГ ГТУ-6.

В отсеках между машинными отделениями располагались вспомогательные механизмы (успокоители качки, вспомогательные котлы, испарители и т. д.).

Размещение жилых и служебных помещений на корабле в основном было традиционным, за исключением особого размещения командных пунктов управления кораблем и ГЭУ, что было вызвано требованиями по противолодочной защите и сложной системой вооружения корабля. В соответствии с ТТЗ

главный командный пост располагался отдельно от ходового поста, в основном корпусе корабля на нижней палубе.

Находясь на ГКП, командир мог не только видеть всю надводную, воздушную и подводную обстановку, управляя при этом кораблем, но и контролировать работу практически всех систем оружия. В ходовом посту с открытым мостиком остались только приборы управления кораблем, необходимые для входа и выхода из базы, прохода в узостях и швартовки.

Из-за высокого уровня шума в машинных отделениях управлять ГТУ стало возможным только из постов дистанционного управления (ПДУ). На кораблях пр. 61, в отличие от предыдущих отечественных эсминцев, ПДУ были совмещены с электростанциями. А пост энергетики и живучести (ПЭЖ) выполнял контрольные функции по управлению ГЭУ. Такая схема размещения ГКП, ходового поста, ПДУ и ПЭЖ в основном сохранялось и в последующих проектах, но дальнейшая централизация привела практически к превращению ходового поста в ГКП, а ПЭЖ в объединенный ПДУ.

Впервые в практике отечественного ВМФ часть кают офицерского состава была размещена в районе диаметральной плоскости корабля и лишена естественного освещения, кубрики тоже не имели иллюминаторов.

Наконец важной особенностью общего расположения корабля пр. 61 стало создание сквозного, с носа в корму, коридора в надстройке, обеспечивающего закрытый проход личного состава практически ко всем боевым постам.

Доступ на верхнюю палубу в боевой обстановке осуществлялся только через газонепроницаемые тамбуры этого коридора. Высокая степень централизации и автоматизации управления позволяла впервые обеспечить ведение боевых действий кораблем без выхода личного состава на верхнюю палубу и мостики.

Технический пр. 61 был завершён в марте 1958 г. и утверждён 15 августа 1958 г. решением ВМФ и Государственным комитетом по судостроению (ГКС).

Головной корабль – СКР «Комсомолец Украины» – заложили 15 сентября 1959 г. на заводе им. 61 коммунаров в Николаеве Старшим строителем и ответственным сдатчиком головного корабля пр.61 (зав. № 1701) был назначен опытный кораблестроитель М. Л. Ентис, а на заводе им. Жданова первый БПК пр.61 (зав. № 751) строил В. С. Авилов.

В Николаеве головной корабль был спущен на воду 31 декабря 1960 г. и предан в государственные испытаниям 15 октября 1962 г.

31 декабря 1963 г. корабль был принят в строй ВМФ и включен в состав Черноморского флота. «Комсомолец Украины» служил Отечеству почти 29 лет и в июне 1991 г. был разоружен и исключен из состава ВМФ. Во время службы участвовал в боевых действиях на стороне Египта (1967 г.), совершил шесть дальних заграничных походов: в Сплит (Югославия, 1964 и 1987 гг.), в Алжир (1970 г.), в Пирей (Греция, 1986 г.), в Тунис (1987 г.) и в Стамбул (Турция, 1989 г.).

Первый корабль завода им. Жданова С-751, получивший имя «Огнево́й», был заложен на горизонтальном стапеле в эллинге завода 9 мая 1962 г., спустя почти 13 месяцев спущен на воду и после достройки на плаву и морских испытаний 31 декабря 1964 г. был принят в строй ВМФ. В апреле 1989 г. корабль был исключен из состава ВМФ после 25-летней службы. За этот период «Огнево́й» совершил дальние

походы в Лагос (Нигерию, 1975 г.) и Фритаун (Сьерра-Леоне 1985 г.). На обоих заводах с 1959 по 1979 г. было построено и принято в состав ВМФ 20 кораблей пр. 61: в Николаеве – 15 и в Ленинграде – 5 ед. Последний корабль из этой серии закончил свою службу в 90-е гг. Это серия боевых кораблей по своим техническим характеристикам, вооружению, мореходности, надежности и удобству эксплуатации, а также по улучшенной обитаемости получилась вполне удачной и пользовалась любовью офицеров и матросов.

30 августа 1974 г. на БПК «Отважный» (зав. № С-1704) произошло чрезвычайное происшествие, и корабль погиб. В этот день «Отважный» совместно с другими кораблями участвовал в учениях в открытом море, примерно в 50 милях от Севастополя.

В кормовом погребе зенитного ракетного комплекса «Волна» произошло возгорание стартового двигателя одной

Таблица 1

Даты вступления в строй БПК пр. 61

Зав. №	Наименование корабля	Вступил в строй ВМФ	Примечание
<b>Завод им. 61 Коммунара (Николаев)</b>			
1701	«Комсомолец Украины»	1962	
1702	«Сообразительный»	1963	
1703	«Проворный»	1964	
1704	«Отважный»	1965	
1705	«Стройный»	1966	Модернизирован по пр. 61 МП
1706	«Красный Кавказ»	1967	
1707	«Решительный»	1967	
1708	«Смышленный»	1968	Модернизирован по пр. 61 МП
1709	«Строгий»	1968	
1710	«Сметливый»	1969	
1711	«Смелый»	1969	Модернизирован по пр.61МП
1712	«Красный Крым»	1970	
1713	«Способный»	1971	
1714	«Скорый»	1972	
1715	«Сдержанный»	1973	Строился по пр.61М
2201	«Раджпут»	1980	Строились для ВМС Индии по пр. 61 МЭ. Указан. даты передачи кораблей ВМС Индии
2202	«Рана»	1982	
2203	«Ранджит»	1983	
2204	«Ранвир»	1986	
2205	«Рандживей»	1988	
<b>Ленинградский судостроительный завод им. А.А.Жданова</b>			
751	«Огнево́й»	1964	Модернизирован по пр. 61 МП
752	«Образцовый»	1965	
753	«Одаренный»	1965	
754	«Славный»	1966	Модернизирован по пр. 61 МП
755	«Стерегущий»	1966	

Таблица 2

Основные этапы постройки кораблей пр. 61 МЭ

Заводской №	Название корабля	Заложен	Вступил в строй ВМФ	Передан ВМС Индии	Название в ВМС Индии
22.01	«Надежный»	11.09.1976	30.11.1979	04.05.1980	«Rajput»
22.02	«Губительный»	22.11.1976	30.09.1981	10.02.1982	«Rana»
22.03	«Ловкий»	29.06.1977	20.07.1983	24.11.1983	«Ranjit»
22.04	«Твердый»	24.10.1981	30.12.1985	21.04.1986	«Ranvir»
22.05	«Толковый»	19.03.1982	15.10.1987	24.02.1988	«Ranjivey»

Тактико-технические характеристики БПК пр. 61 и его модификаций

Характеристика	61	61М	61МЭ
Главные размерения, м.:			
длина наиб. / КВЛ	143,95/131,96	146,1/134,4	146,2/134,5
ширина наиб. / КВЛ	15,78/13,99	15,8/14,0	15,8/14,0
осадка средняя, м	4,47	4,82	4,87
Водоизмещение, т:			
стандартное	3400	4010	4025
полное	4300	4898	4905
Полная скорость хода, уз	30,24	33,6	30,0
Эконом. скорость хода, уз	18,0	18,0	18,0
Дальность плавания, мили	3500	1890	-
Тип и мощность ГЭУ, л.с.	ГТУ, 46800	ГТУ, 72000	ГТУ, 72000
Экипаж, чел.	266	329	320
Вооружение:			
противокорабельное		4×1, П-15	4×1, П-15
зенитное ракетное	23РК «Волна»		
артиллерийское	2×2 – 76,2	2×2 – 76,2; 4×6 – 30	2×2 – 76,2; 4×2 – 30
Противолодочное:			
торпедное	1×5 – 533	1×5 – 533	1×5 – 533
бомбовое	2РБУ-6000, 2РБУ-1000	2РБУ-6000	2РБУ-6000
авиационное	Вертолет Ка-25	Вертолет Ка-25	Вертолет Ка-25
РЛС обнаружения ВЦ и НЦ	2РЛС МР-300	1МР-500; 1МР-300	1МР-500; 1МР-300
РЛС навигационная, тип ГАС	ДОН МГ-311, МГ-312	ДОН МГ-355С с БУ	ДОН МГ-355С с БУ

из ракет. Хозяин этого поста, мичман, в смотровой иллюминатор увидел пламя и вместо того, чтобы включить рядом на пульте специальное орошение в отсеке ЗУР, покинул пост и убежал в носовую часть корабля. За эти минуты огонь усилился, и начали возгораться стартовые двигатели соседних ракет. На корабле сыграли пожарную тревогу, и началась борьба с огнем.

Из-за повреждения валопровода корабль потерял ход, его взял на буксир другой БПК этой же серии и в сопровождении других кораблей повел в Севастополь. По пути от жара взорвалась цистерна с керосином, расположенная в кормовой части, начали рваться глубинные бомбы на бомбосбрасывателях, корму разворотило, и в корабль начала поступать масса морской воды. Дальнейшая буксировка стала невозможной, с «Отважного» начали снимать личный состав и тела погибших при взрывах, размещать их на других кораблях. Образовался большой дифферент на корму, который быстро увеличивался. «Отважный» кормой вниз, почти в вертикальном положении ушел под воду. Для разбора этого чрезвычайного происшествия была создана Межведомственная комиссия под председательством заместителя министра обороны СССР Н. П. Алексеева. Комиссия с 3 по 14 сентября 1974 г. в Севастополе в Штабе флота, Техническом управлении и на кораблях подробно рассматривала обстоятельства гибели БПК «Отважный», установила причины и выработала мероприятия по предотвращению подобных ЧП.



Гибель БПК «Отважный»

Было принято решение провести широкомасштабные огневые испытания, целью которых было выявление причин возгорания двигателя ЗУР, выработки мер, повышающих уровень пожаровзрывозащищенности надводных кораблей. На военно-морском полигоне «Ржевка» в середине 70-х гг. был выстроен отсек, в точности соответствующий отсеку БПК пр. 61. По определенной методике и программе в отсеке имитировалась взрыво- и пожароопасные ситуации. Председателем комиссии, руководившей огневыми ис-

пытаниями, был назначен начальник 1 ЦНИИ МО адмирал В. Н. Буров, а заместителем – главный инженер Северного ПКБ А. А. Терентьев. Первый этап испытаний предусматривал аварийное срабатывание ракет В-601 ЗРК «Волна» и В-611 ЗРК «Шторм». Второй этап испытаний предусматривал возникновение взрыво- и пожароопасных ситуаций при срабатывании ракет ЗРК и выработку контрмер по предотвращению гибели корабля. Ведущим специалистом был В. И. Спиридопуло.



Заместитель главного конструктора пр. 61 А.А. Терентьев

По результатам проведенных испытаний «Северное ПКБ» Министерством судостроительной промышленности было назначено базовым предприятием в отрасли по вопросам пожаровзрывозащищенности кораблей. Большой вклад в работы по этому направлению внесли работники Северного ПКБ В. К. Смирнов, Г. А. Кудров, Ю. А. Любимов и Б. П. Дегтярев.

Большое значение для Северного ПКБ имело военно-техническое сотрудничество с республикой Индия. На основании распоряжения Совета

Министров СССР «Северное ПКБ» в 1974–1976 гг. на базе отечественного пр. 61М разработало проект фрегата 61МЭ, предназначенного для Индии. Главным конструктором 61 МЭ были сначала Б. Н. Купенский, который за создание кораблей пр. 61 в 1966 г. был удостоен звания лауреата Ленинской премии, а затем А. Д. Шишкин.



Главный конструктор БПК пр. 61 Б.И. Купенский

Впервые в практике отечественного кораблестроения были спроектированы и построены для зарубежного заказчика боевые корабли большого водоизмещения (около 5000 т). С этого момента стало возможным говорить о вступлении Советского Союза на новый этап военно-технического сотрудничества с зарубежными странами, заключающейся не просто в продаже уже готового изделия, а в создании изделия под конкретные весьма сложные и противоречивые требования партнера.

Корабли пр. 61 МЭ были оснащены ударными и зенитными ракетным вооружением, артиллерийскими 76,2-мм и 30-мм установками и пятитрубным торпедным аппаратом. На их борту



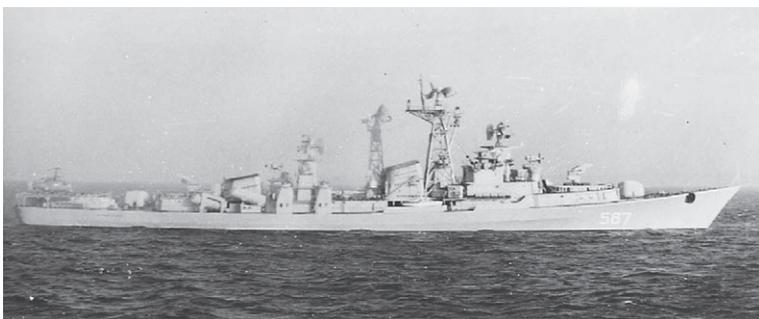
*Эсминец «Ranvir» пр. 61МЭ ВМС Индии*



*Сторожевой корабль «Сметливый» корабль пр. 01090*



*ПУ ПКРК «Уран» на СКР «Сметливый» после модернизации по пр. 01090*



*БПК «Смышленный» пр. 61МП*

имелись гидроакустический комплекс с подкильной и буксируемой антенной, вертолет с ангаром в прочном корпусе, а также радиотехническое вооружение и современные средства связи.

Строительство пяти кораблей этого проекта велось на заводе им. 61 Коммунара в Николаеве. Головной фрегат серии, «Раджпут», был передан ВМС Индии в 1980 г., а последний – в 1987 г. (см. табл. 1).

В отличие от российских кораблей пр. 61М на индийских кораблях пусковые установки комплекса УРО П-15 были направлены в нос корабля, а не в корму. Это было сделано по просьбе индийской стороны, которая настаивала на придании кораблю «боевого» вида.

БПК «Сметливый» прошел модернизацию по пр. 01090, завершившуюся в 1999 г. Вместо двух РБУ-1000 на нем установили новый противокорабельный

ракетный комплекс «Уран» (2 × 4 ПУ), а на корме вместо 76,2-мм АУ разместили комплекс обнаружения подводных лодок МНК300 («Кайра»), изготовленный заводом им. А. А. Кулакова.

Корабли пр. 61МЭ до настоящего времени находятся на вооружении ВМС Индии и, как правило, выполняют флагманские функции. Они прошли модернизацию, заключающуюся, в частности, в оснащении индийско-российским противокорабельным комплексом «Брах-Мос» и современным ЗРК.

В процессе строительства и в ходе эксплуатации кораблей пр. 61 велась их модернизация. Так, с 1966 г. вместо двух РЛС «Ангара» на БПК устанавливали по одной радиолокационной станции «Кливер» и «Ангара». Кораблей 61-го проекта были оснащены противокорабельными ракетами. В результате БПК «Славный», «Стройный», «Смышленный» и «Смелый» в 70-х гг. модернизировали по пр. 61МП. На них были установлены четыре пусковых установки ПКР П-15М «Термит» и новая ГАС «Платина», имеющая подкильную и буксируемую антенны, РБУ-1000 заменили на четыре 30-мм автомата. Была повышена и автономность плавания модернизированных кораблей. Последний, 20-й, корабль серии «Сдержанный» был изначально построен по модернизированному пр. 61М.

Корабли пр. 61 имели сравнительно острые носовые образования и относительно большую высоту надводного борта в носу, они легко шли против волны, а их открытые ходовые посты не подвергались интенсивному забрызгиванию. По сравнению с кораблями, оснащенными котлотурбинными установками, газотурбинные БПК имели сухие и относительно чистые трюмы. Вспоминается эпизод из жизни одного из индийских фрегатов пр. 61МЭ. Командир БЧ-V перед спуском в машинное надевал белоснежную форму и белые перчатки и в таком виде делал осмотр помещений в сопровождении представителей команды БЧ-V. По окончании осмотра перчатки, как правило, оставались абсолютно чистыми.

Большие противолодочные корабли пр. 61 вместе с ракетными крейсерами пр. 58 относились к первому поколению отечественных боевых надводных кораблей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Вместе с флотом России: К 65-летию ОАО «Северное ПКБ»/Под ред. В. И. Спиридопуло. – СПб: ИД. «Информ ВС», 2011.
2. *Зубов Б. Н.* Записки корабельного инженера. Развитие надводного кораблестроения в Советском Союзе. – М.: Ключ, 1998. ■

В апреле 1963 г. ЦМКБ «Алмаз» получило тактико-техническое задание Главного управления Пограничных войск КГБ СССР на проектирование пограничного сторожевого корабля с вооружением малого противолодочного корабля. 20 августа того же года вышло совместное решение Государственного комитета по судостроению и КГБ СССР №С-13/1857, в первом пункте которого говорилось о «разработке проекта ПСКР в корпусе большого ракетного катера проекта 205».

«Двести пятые» с 1960 г. строились серийно на ленинградском Приморском заводе (завод №5), а с 1962 г. – в Рыбинске (завод №341) и Владивостоке (завод №602). Желание руководства судостроительной промышленности получить заказ на серию ПСКР (тогда планировалась постройка 35 кораблей) и за счет унификации с большим ракетным катером строить их без особых проблем вполне понятно. А вот жесткое требование морских пограничников «проектировать в корпусе проекта 205», лишавшее конструкторов возможности наилучшим образом удовлетворить все их требования, могло иметь различные причины. Не последней из них являлось желание получить готовый проект и головной катер как можно скорее – строительство головного «Тарантула» ожидали в 1965 г. Не исключены и другие мотивы (напомню: через несколько лет «волонтаризм» стал одной из основных характеристик эпохи правления Н.С. Хрущева).

В пояснительной записке к первой проектной проработке (апрель 1963 г.) ЦКБ-5 указывало, что «проект 205П является по существу новым проектом, а не модификацией проекта 205». Для соблюдения действовавшего регламента создания боевых кораблей, требовавшего прохождения стадий предэскизного и эскизного проектирования, появляется «нулевой этап технического проекта», в котором проверялась совместимость и осуществимость требований задания.

В пояснительной записке к нулевому этапу техпроекта главный конструктор В.М. Бурлаков писал: «Требования ТТЗ исключают возможность полной унификации, поскольку на ПСКР должна быть дополнительно установлена гидролокационная станция, ракетное вооружение заменено противолодочными торпедами, увеличена численность личного состава, улучшена обитаемость, вдвое увеличена автономность, в полтора раза увеличена дальность плавания, а также усилено якорное устройство».

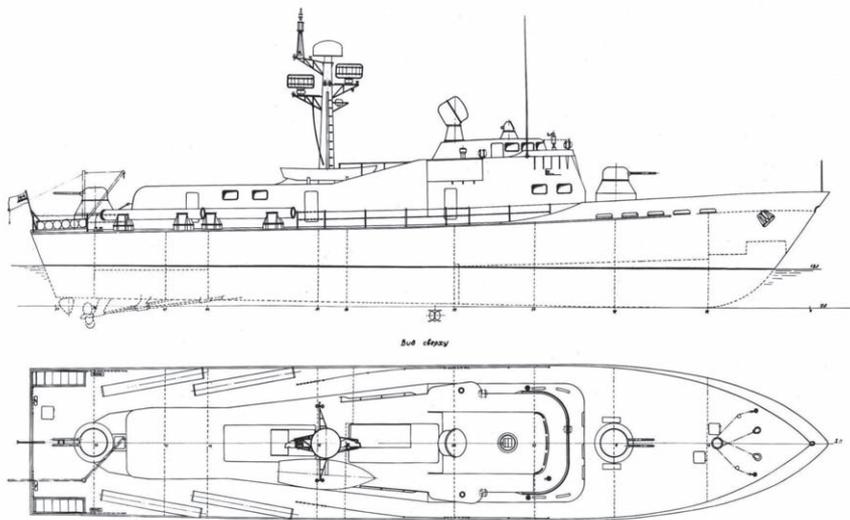
\* Часть 1 – см. «Морской вестник», 2016, №2(58).

\*\* За прототип приняли теоретический чертеж пр.204, уменьшив его (1:1,25), обводы по рекомендации ЦНИИ-45 изменили для снижения сопротивления и повышения мореходности.  $L_{pp}=44,30$  м,  $B_{но}=7,50$  м,  $H=4,35$  м (у форштевня ~5,5 м). Такие обводы давали значительное снижение сопротивления на основных режимах (12–16 уз), но несколько увеличивали его на максимальном ходу.

## ПОГРАНИЧНЫЙ СТОРОЖЕВОЙ КОРАБЛЬ «ТАРАНТУЛ»

### ЧАСТЬ 2\*

Д.Ю. Литинский, вед. инженер АО ЦМКБ «Алмаз»,  
контакт. тел. (812) 369 5598



Нулевой этап технического пр. 205П. Наружный вид

Тактико-техническое задание требовало оборудования корабля активной гидроакустической станцией МГ-312И, принятой для малых противолодочных кораблей пр. 159. От опытного образца ожидалось обнаружение подводной лодки «на стопе» корабля на дальности 5–6 км, а при ходе корабля 14 уз – на дальности около 4 км.

Использование МГ-312И (ее стоимость при серийном изготовлении оценивалась в 90–100 тыс. руб.) на ПСКР пр. 205П требовало выполнения ОКР, включая сопряжение ее с системой ПУТС. Вес станции без фундаментов составлял около 10 т, а с водой в обтекателе – более 15. Из-за сопротивления обтекателя не могла быть обеспечена максимальная скорость – расчетная составляла 32,5–33 уз.

ЦКБ-5 предложило вместо МГ-312И использовать опускаемую станцию МГ-329 «Ока», которая устанавливалась на пограничных катерах пр. 125А. Станция в 1963 г. прошла испытания на Черном море, МГ-329 могла работать в пассивном режиме кругового обзора, обнаруживая цель на дистанции до 50 кбт. В активном режиме максимальная дальность обнаружения оценивалась в 30 кбт. Расчетная стоимость МГ-329 – 12–15 тыс. руб.

Заказчик определил гидроакустическое вооружение в составе двух станций – МГ-329 и МГ-11 с размещени-

ем акустической системы последней в подъемно-опускном устройстве. Обслуживание обеих станций предусматривалось одним оператором.

Конструкторы сохранили размеры и обводы корпуса до верхней палубы, расположение главных поперечных переборок (за исключением переборки на 11-м и 13-м шп., вместо которых сделали одну на 12-м шп.), компоновку машинных отсеков, конструкцию корпуса и рулевое устройство. Однако новая надстройка с ходовым мостиком, иное расположение жилых помещений изменяли центровку и посадку и увеличивали водоизмещение корабля.

Проанализировав семь вариантов общего расположения, включая вариант с увеличенным надводным бортом в кормовой части, для удовлетворения норм ВМФ по непотопляемости, В.М. Бурлаков предложил также вариант с обводами, подобными обводам корабля пр. 204, но при увеличенной ширине и запасе водоизмещения на модернизацию. Мотивировалось это тем, что эксплуатация ПСКР будет проходить в основном на поисковых ходах 12–16 уз, на которых обводы сравнительно быстроходного корабля пр. 205 не являются оптимальными с точки зрения сопротивления и, следовательно, снижают дальность плавания. Поскольку заказчик отказался оплатить эту работу, вариант №8 выполнили в сокращенном объеме\*\*.

Для снижения водоизмещения шлюпочное и спасательное устройство приняли в следующем составе: рабочая пластмассовая шлюпка РПШ-4 с подвесным мотором, спуск и подъем – при помощи стрелы с ручной лебедкой; две надувные спасательные лодки ЛАС-5М-2 (на 5 чел. каждая) и спасательные жилеты.

При рассмотрении чертежей общего расположения в ноябре 1963 г. заказчик потребовал увеличить объемы кают офицеров, изменить ходовой мостик, а также установить электрический шпиль для швартовки. Кроме того, заместитель начальника Главного управления погранвойск контр-адмирал Я.Т. Резниченко дал указание предусмотреть на корабле бомбовое вооружение (два кормовых бомбосбрасывателя на шесть бомб БПС каждый), улучшить отделку жилых помещений и упростить спуск на воду шлюпки.

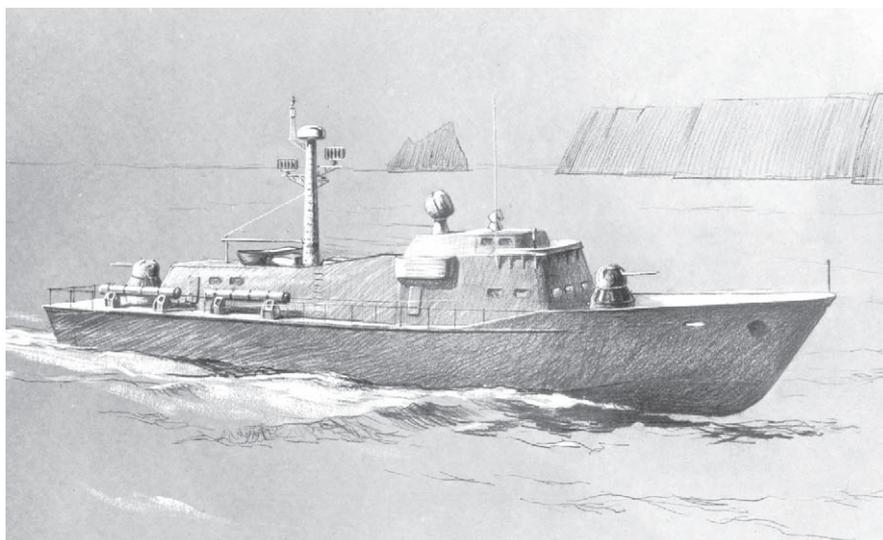


*Интерьер каюты офицеров*

Прорабатывалась возможность вооружения ПСКР противокорабельными торпедами калибра 533 мм (установка вместо четырех ОТА-400-204А такого же количества ОТАБ-53-206). Для этого необходимо было пожертвовать 8 т топлива в кормовых цистернах, что означало уменьшение дальности плавания на 250 миль. На 0,1 м уменьшалась начальная поперечная метацентрическая высота.

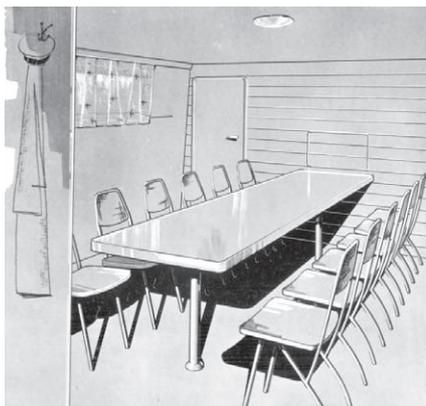
Главные размерения основных вариантов: длина между перпендикулярами – 37,5 м, ширина наибольшая по палубе – 7,6 м, по скуле – 5,9 м; высота борта на миделе – 4,0 м, высота борта у форштевня с фальшбортом – 5,8 м. В варианте с МГ-312И полное водоизмещение корабля составило 252,8 т.

По результатам нулевого этапа технического проекта ЦМКБ «Алмаз» сделало следующие основные выводы: «В корпусе ракетного катера проекта 205 может быть удовлетворительно размещено предусмотренное ТТЗ вооружение ПСКР и созданы условия по обитаемости личного состава. Однако совместить



*Проектное изображение ПСКР*

требования ТТЗ по составу вооружения и величине максимальной скорости хода не представляется возможным. Обводы корпуса проекта 205 не являются оптимальными для ПСКР на основных эксплуатационных (поисковых) скоростях, так как на этих режимах корабль будет двигаться в водоизмещающем режиме, невыгодном для данного типа обводов».



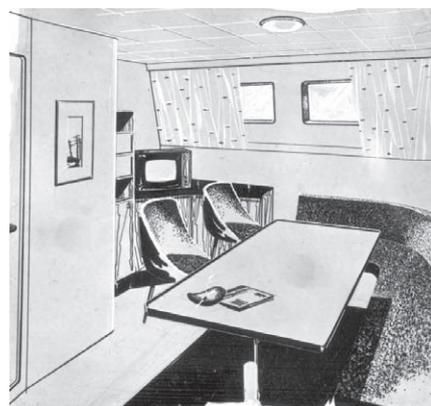
*Интерьер столовой команды*

Рассмотрев совместно результаты «нулевого этапа» и сформулировав замечания, ВМФ, Комитет Государственной безопасности и Государственный комитет по судостроению 11 июля 1964 г. выпустили решение №С-13/1203. Технический пр. 205П был завершен в сентябре 1964 г. под руководством А.П. Гороянко и его заместителя Г. Ляпунова.

В пояснительной записке констатировалось: «Военно-морским флотом и Главным управлением Пограничных войск было признано целесообразным создание пограничного корабля на базе большого ракетного катера проекта 205. Проектная проработка и нулевой этап технического проекта, выполненные по ТТЗ, выданному ГУПВ КГБ, а также проведенные мореходные испытания БРК проекта 205 с увеличенным (250 т)

водоизмещением показали реальность создания пограничного корабля нового типа на основе проекта 205. В частности, корпус, механическая установка, радиотехническое, артиллерийское и штурманское вооружение в основном остались без изменений. Это дает возможность производить постройку кораблей проекта 205П на заводах, серийно строящих БРК проекта 205, с использованием технологической оснастки и накопленного опыта».

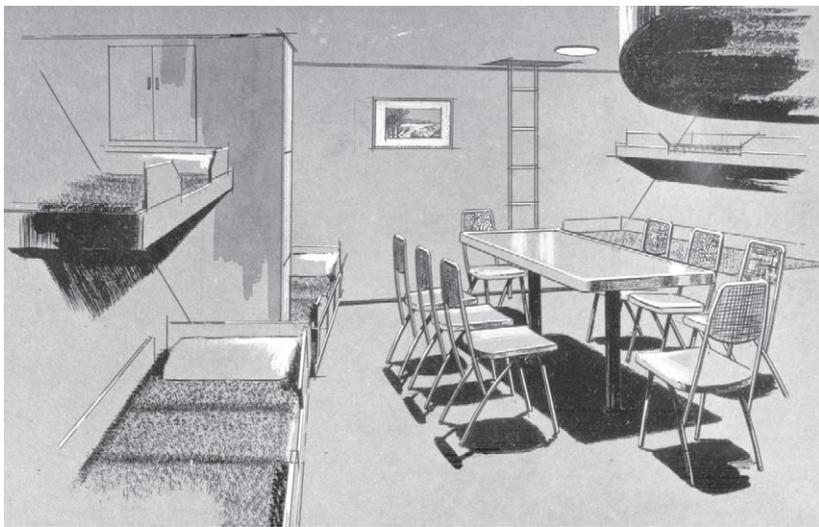
В техническом проекте приняли механическую установку с тремя главными двигателями М504Б мощностью по 5000 л.с. (с моторесурсом 1000 ч) с системой дистанционного управления «Орион-2». Два двигателя, работающих на бортовые валы, расположили в носовом машинном отделении, третий – в кормовом.



*Интерьер кают-компаний*

Электроэнергетическая система на переменном трехфазном токе (50 Гц, 380 В) состояла из двух дизель-генераторов ДГР-100/1500 мощностью по 100 кВт, размещавшихся в носовом и кормовом МО.

Стандартное водоизмещение корабля составило 195 т, нормальное – 218 т, полное – 240 т, наибольшее – 245 т.



### Интерьер носового кубрика

Расчетная скорость хода на тихой воде при нормальном водоизмещении – 34 уз, экономическая – 11 уз. Дальность плавания экономическим ходом при нормальном запасе топлива – 1300 миль, при полном запасе топлива и ходе под одним двигателем – 1500 миль.

Мореходные качества ПСКР по техническому проекту обеспечивали использование оружия при состоянии моря 4 балла (высота волн – до 2 м при 3%-ной обеспеченности) на скорости 30 уз, а при 5 баллах (высота волн 3,5 м) – на 25 уз. Способность корабля держаться в море до 7 баллов включительно (при ветре до 11 баллов).

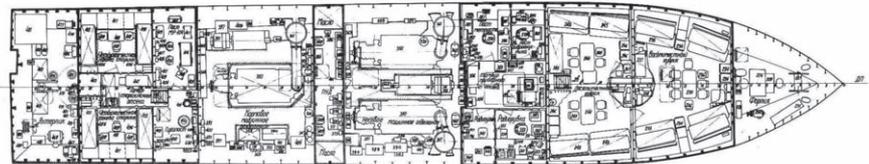
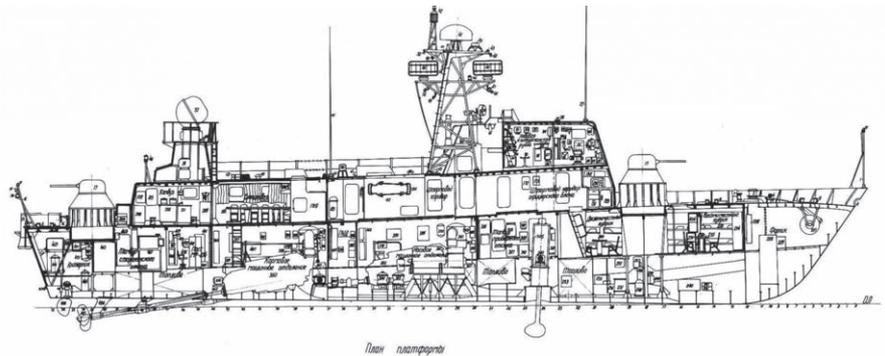
Форму надстройки и фальшборт, принятый по требованию заказчика, сохранились в соответствии с нулевым этапом техпроекта.

Экипаж ПСКР – 30 человек, в том числе 4 офицера, 13 старшин и 13 матросов. Автономность по запасам воды и провизии – 10 сут.

Строителем головного корабля Госкомитет по судостроению назначил завод №341 в Рыбинске. Предусматривался поточно-позиционный метод постройки при секционной сборке корпуса с сохранением габаритности секций пр. 205. Объем работ был разбит на восемь технологических этапов, общий цикл постройки – 150 календарных дней. Одновременно с постройкой головного на Владивостокском судостроительном заводе планировалось строительство серийных ПСКР. Трудоемкость для головного корабля определили в 205 тыс. нормо-часов, для серийных – 114 тыс., ориентировочная стоимость головного

– 2,519 тыс., серийных – 1716 тыс. руб. Еще в ходе предварительного рассмотрения технического проекта завод №341 заявил о невозможности достройки корабля в эллинге вместе с надстройкой, высота которой составлял 8,4 м вместо 7,2 м у пр. 205.

Технический пр. 205П был утвержден 25 января 1965 г. решением Коми-



### Технический проект 205П

тета государственной безопасности при Совете Министров СССР и Министерства судостроительной промышленности СССР №С-13/90. Основное оборудование жилых и служебных помещений надлежало выполнить пластмассовым по чертежам Ужгородского завода. Решение предписывало ЦМКБ «Алмаз» откорректировать документацию тех-

нического проекта до выпуска рабочих чертежей. Вследствие произошедшей реорганизации судостроительной промышленности, в результате чего постройку головного корабля министерство поручило ленинградскому заводу №5, корректировку завершили в первом квартале 1966 г.

Основные изменения, которые признали необходимым произвести на серийных кораблях:

- предусмотреть дистанционный ручной ввод данных в торпеды СЭТ-40 из ходовой рубки для четырех торпед;
- РЛС обнаружения надводных целей 4Ц30-125 с нестабилизированной антенной заменить навигационной РЛС «Рейд» после ее освоения и принятия на вооружение;
- вместо пластмассовой шлюпки с подвесным мотором снабдить корабль пластмассовым разъездным катером проекта 1397 «Чирок» со стационарным мотором и шлюпбалками с гидроприводом (при установке по военному времени двух торпед СЭТ-40 катер с рострами и шлюпочным устройством демонтировался).

Наружный вид корабля несколько изменился вследствие переноса антенны и прибора №2 системы МР-104 в кормовую часть, принятия трехногий ферменной мачты и смещения ее к ходовому мостику, установки катера «Чирок» со шлюпбалками. Иллюминаторы в надстройке увеличили (400×600). ■

*Продолжение следует*

**30** мая 2016 г. в АО «Центр технологиче- ского судостроения и судоремонта» прошел торжественный Пленум, посвященный 150-летию IV отдела Русского Технического Общества «Судостроения, морской техники, артиллерии и оружейного производства», правопреемником которого являются Российское и Международное НТО судостроителей имени акад. А. Н. Крылова.

В заседании приняли участие 112 делегатов, в том числе руководители Союза НИО (правопреемник Русского технического общества, Москва), а также Архангельского и Северодвинского отделений НТО судостроителей (В. М. Попов), Калининградского отделения (С. И. Корягин и В. В. Ярисов), Чебоксарского (А. П. Акимов, Е. В. Лебедев) и Сахалинского отделений (В. Н. Храмушин).



Присутствующие заслушали доклады по трем разделам: «История НТО судостроителей от 1866 г.», «Современное состояние НТО в развитии отечественного судостроения», «Научно-технические направления в судостроении на данный период (кораблестроение, металлургия), перспективы и проблемы верфей; ремонтпригодность кораблей и судов; современное кораблестроительное образование».

На завершающей стадии Пленума было принято Постановление, в котором нашли отражение итоги деятельности РосНТО за пять лет с 2011 по 2016 г.

С докладом «Российское и Международное НТО судостроителей им. акад. А. Н. Крылова в развитии отечественного судостроения» выступил президент НТО судостроителей В. Л. Александров.

В. В. Козырь, руководитель секции «История судостроения», и С. П. Столяров, декан факультета СПбГМТУ, выступили с историческими докладами.

Кроме того, были заслушаны доклады заместителя начальника НИИ кораблестроения и вооружения ВМФ ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия» А. Б. Землянова «Современное военное кораблестроение России и перспективы его развития в XXI в.»; советника директора ГНЦ «Крыловский государственный научный центр» В. Н. Половинкина «Научно-технический прогресс в судостроительной отрасли»; заместителя генерального директора ЦНИИМФ А. А. Петрова «Потребность современного российского морского и речного транспорта»; первого проректора СПбГМТУ В. Н. Тряскина «Современное кораблестроительное образование и подготовка морских инженеров»; советника генерального директора ЦНИИ КМ «Прометей» В. А. Мальшевского «Современные судостроительные материалы»; генерального директора АО «Адмиралтейские верфи» А. С. Бузакова «Вопросы производства современных судов и кораблей»; руководителя регионального отделения НТО судостроителей В. М. Попова «Перспективы и проблемы Северных заводов в процессе производства морской техники»; генерального директора ОАО «51ЦКТИС» Г. Н. Муру «Решение задач импортозамещения при ремонте кораблей и судов иностранной постройки».

Эти доклады будут публиковаться в журнале «Морской вестник», начиная с этого номера.

## ИТОГИ РАСШИРЕННОГО ПЛЕНУМА РОСНТО СУДОСТРОИТЕЛЕЙ, ПОСВЯЩЕННОГО 150-ЛЕТИЮ IV ОТДЕЛА РУССКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

*Российское НТО судостроителей им. акад. А. Н. Крылова, контакт. тел. (812) 315 50 27*



После обсуждения докладов участники Пленума признали работу Центрального правления и аппарата Российского и Международного НТО судостроителей им. акад. А. Н. Крылова удовлетворительной.

Было предложено Центральному правлению РосНТО и всех региональных правлений НТО судостроителей считать основной задачей модернизацию и инновационное развитие судостроительной отрасли.

Также было утверждено решение Президиума об увеличении состава научно-технических секций НТО с 20 до 26 секций:

- 21-я – «поисково-спасательная техника и технологии»;
- 22-я – «малотоннажное судостроение»;
- 23-я – «общесистемные вопросы развития радиоэлектронного оборудования судов и радиоэлектронного вооружения»;
- 24-я – «экранопланостроение»;
- 25-я – «подводные технологии и гидронавтика»;
- 26-я – «технология и производство сварки».

Также были образованы три комитета:

- по молодежной политике и связям со средствами массовой информации;
- по поиску и одобрению (анализу и экспертной оценке) инновационных проектов;
- регионального развития НТО в Российской Федерации.

Было решено в октябре 2016 г. принять участие в Международном форуме, посвященном 150-летию Русского Технического Общества, вместе с Союзом научных и инженерных общественных объединений (Москва) в Военно-морской академии им. Адмирала Флота Советского Союза Н. Г. Кузнецова и в VI съезде Международного Союза НИО. Состав делегации: В. Л. Александров, Л. А. Промыслов, А. С. Неуступова, Б. А. Барбанель, Е. Э. Голосун.

В состав Совета Союза НИО были выдвинуты делегаты от НТО судостроителей в составе В. Л. Александрова, Л. А. Промыслова, А. С. Неуступовой.

Центральное правление НТО судостроителей проведет V съезд Российского и Международного НТО судостроителей им. акад. А. Н. Крылова в октябре 2017 г., продолжит работу по проведению конкурсов молодых специалистов судостроительных предприятий и обратится в Министерство промышленности и торговли РФ с предложением подчинить ему научно-техническое издательство ФГУП «Судостроение», что поможет восполнить нехватку научной и технической литературы для судостроительных предприятий, а также для средних и высших учебных заведений. ■

**Н**аше Общество возникло в то время, когда ни широкая общественность, ни правительство не знали, какими путями нужно идти, чтобы выйти из кризиса после поражения в Крымской войне 1853–1856 гг.

Вернувшиеся после Крымской войны в Петербург моряки, военные инженеры и патриотически настроенные предприниматели стали собираться на частных квартирах, где обсуждали ее итоги. Так как круг участников бесед стал быстро расширяться, с разрешения начальника Управления Петербургского инженерного округа полковника Э. И. Тилло заседания перенесли в помещение библиотеки управления в Петропавловской крепости.

Команданту крепости генерал-лейтенанту А. Ф. Сорокину такое соседство не понравилось, и он потребовал объяснений от начальника окружного инженерного округа. Начались скитания инженеров по городу. Свои учредительное и торжественное открытие деятельности Общество провело в доме отставного поручика Дмитрия Петровича Бенардаки, что на Невском, 86 (ныне Дом актеров). Библиотеку в Петропавловской крепости пришлось оставить и перейти в только что отстроенное здание М. Ф. Руадзе на Троицкой улице, 13 (ныне ул. Рубинштейна, где сейчас размещается детский Мультипликационный театр «Зазеркалье»). Инженеров пожалел министр Государственных имуществ генерал-лейтенант Алексей Александрович Зеленый, разрешив собираться в библиотеке своего ведомства, что на Исаакиевской площади (ныне Институт растениеводства имени Н. И. Вавилова). Маленькое помещение не могло удовлетворить Общество, и только в 1875 г. на площадях Музея прикладных знаний в Соляном городке (со стороны ул. Пантелеймоновской – ныне Пестеля) удалось задержаться надолго.

Моряки и военные инженеры, не дожидаясь официального открытия деятельности Общества, свое первое собрание в библиотеке инженерного округа, что в Петропавловской крепости, провели 27 мая 1866 г. С этого времени начал существование отдел «Кораблестроения, морской техники и оружейного производства» IV-й Отдел Русского Технического Общества, или РТО).

Первым руководителем отдела был избран полковник корпуса корабельных инженеров Михаил Михайлович Окунев. Его помощниками стали: кандидат в председатели директор Морского корпуса контр-адмирал Воин Андреевич Римский-Корсаков (его вскоре заменил контр-адмирал Андрей Александрович Попов), неперемные члены

## НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБЩЕСТВУ СУДОСТРОИТЕЛЕЙ 150 ЛЕТ

*В. В. Козырь, руководитель секции истории судостроения  
НТО судостроителей им. акад. А. Н. Крылова,  
контакт. тел. +7 (921) 779 6668*

по кораблестроению А. И. Бутаков и С. И. Чернявский, по морской технике капитан-лейтенант Н. И. Казнаков, по паровой механике штабс-капитан И. А. Семенов, по артиллерии и оружейному производству артиллерист Р. В. Мусселиус, специалист по фортификации Н. А. Демьяненок и специалист по порохам Т. С. Стомм.

В дальнейшем председателями отдела последовательно были: капитан-лейтенант Н. И. Казнаков (1868–1870), генерал Н. Ф. Эгерштрот (1870–1874, 1886–1894), генерал-лейтенант В. П. Верховский (1894–1902), и. д. полковник А. Н. Крылов (1902–1903), и. д. полковник С. Х. Золотухин (1903–1904) и генерал-майор Н. И. Беклемишев (1904–1914).

Члены отдела условились проводить собрания для технических бесед и заявлений один раз в месяц по субботам. Предполагалось разрабатывать предметы, заимствованные из чистой практики, считая, что именно это направление является наиболее полезным и вызывает к себе внимание как членов Общества, так и публики.

Деятельность отдела кораблестроения была настолько продуктивной, что к 1 января 1868 г. в нем уже числилось 85 человек, а с 1871 по 1890 г. отделу покровительствовал великий князь Константин Николаевич.

22 апреля 1867 г. на заседании отдела выступил полковник М. М. Окунев с докладом «О средствах для развития русской морской торговли и торгового мореплавания», в котором заявил, что «морская торговля составляет один из главнейших элементов силы, могущества и народного богатства для всякого государства» и что ... морская торговля вместе с мореплаванием составляет особую отрасль промышленности, которая поддерживает, оживляет и делает производительными земледелие и разные другие отрасли технических производств, развивающих народное благосостояние».

Мысли и идеи, изложенные М. М. Окуневым, настолько глубоко затрагивали экономическое состояние России, что тема морской торговли и мореплавания стала программной для деятельности отдела на несколько десятилетий.

Вслед за М. М. Окуневым анализ речной и морской торговли делали мно-

гие члены отдела: Л. П. Семечкин (Черное море, Днепр, Дон и Для Азовский каботаж), А. Хонский и князь Амадуни (Каспийское море и Персидский залив), А. Е. Конкевич и капитан Виггинс (Северный морской путь), А. И. Одинцов (Амур и его притоки) и др.

Все сходились на том, что для морской и речной торговли нужно развивать отечественное торговое судостроение, которого у нас не было, отправляли и получали грузы на иностранных судах и весь барыш, который получался от фрахта, шел в карман иностранцев. К примеру, в 1865 г. Россия от фрахта и торговли получила прибыль 2 777 528 рублей, а иностранные судовладельцы в России заработали 143 401 076 рублей.

Дороговизна машин и металла для корпусов судов, а также сама стоимость работ по их строительству отпугивали российских предпринимателей, и они неохотно расставались с парусными судами, проигрывая во всем иностранным судовладельцам.

Для успешного развития торгового судостроения члены отдела обращали внимание правительства на состояние горнорудной промышленности и предприятий по изготовлению металла. Члены отдела считали, что Уральские металлургические заводы должны энергичнее переходить на бессемерование и пудлингование железа, стать основными районами государства по производству и прокату железа, в то же время принять меры по развитию экономики Юга России, особенно добычи угля и созданию самостоятельного железного производства, строительство Петровского чугуноплавильного завода и пудлинговой фабрики Луганского завода – первого сталеприготовительного и прокатного производства в местах, близких к морю и судостроительным заводам.

Предлагаемые меры происходили в период проведения земельной реформы, когда свободолюбивые крестьяне, отчужденные от земли, хлынули на заработки в города и на заводы.

Внимание к проблемам морской торговли, возбужденное отделом, возымело свои действия. К 1 января 1901 г. российский морской паровой флот насчитывал 745 судов общим водоизмещением 364 360 т. Интенсивно разви-

вался и речной паровой флот. Если в 1884 г. по рекам России ходило 1246 пароходов, то к 1900 г. их число достигло 3235.

Развитие морского торгового флота повлекло за собой пересмотр возможностей русских портов. Если на Черном море требовалось расширение возможностей перевалки грузов, то на Балтике мелководье сдерживало возможности главного порта в Петербурге. Грузы концентрировались в Кронштадте и оттуда на баржах и мелкосидящих судах переправлялись в Петербург и обратно. Кронштадт богател, а столице доставалось мало чего от морской торговли.

Члены отдела занялись поисками расширения возможностей столицы принимать торговые суда. Они изучили устройство портов на низменных берегах Северной Европы (Амстердам, Роттердам) и Средиземного моря (Александрия, Бейрут). Объем работ по строительству морского порта в Петербурге был настолько велик, что от этой идеи отказались. Другой способ увеличить причальный фронт и защитить город от наводнений предложил инженер Э.И. Тилло путем подъема на высоту около 3 м низменные берега Невы. Проект также был отвергнут.

Возникла мысль устроить аванпорты в Луге и Сестрорецке. Сестрорецкий вариант мотивировался тем, что к нему была проложена частная железная дорога и существовала гавань Миллера. Из истории Сестрорецка авторы проекта И. Д. Кольчев и Д. И. Шишмарев узнали, что якобы в петровские времена суда по Сестре достигали даже до причала бывшего инструментального завода. Получился конфуз. Река давно обмелела и превратилась в болотистый овраг.

Последней попыткой продлить возможность приема торговых судов в Петербурге во время ледостава стало изучение устройства пароходов-ледорезов Дании и Швеции. В обсуждении докладов И. И. Моландера в 1883 г. и Р. Рунберга в 1893 г., представивших целую серию судов, принял участие и адмирал С. О. Макаров. По результатам исследований русским кораблям в качестве образца ледокольных судов были предложены «Фрам», «Старкоддер», «Эплид», «Муртаз», «ЭМ. З. Свицер» и «Инсбрютарен». Р. Рунберг свой рассказ сопровождал показом теоретических чертежей и эскизами судов. Вполне возможно, что идея ледокола «Ермак» у адмирала С. О. Макарова возникла именно на этих заседаниях.

Оказавшись неудачниками в защите Петербурга от наводнений и расширении возможностей столицы как порта, отдел кораблестроения в 1894 г. заслуживал предложение инженера И. В. Жи-

рухина, одного из будущих строителей Морского канала. Инженер предложил устроить вместо дамбы пешеходные мосты, соединяющие Лахту (Лисий нос) с Кронштадтом и Кронштадт с Ораниенбаумом. Никчемность такого сооружения была очевидной и от него отказались.

Дебаты в отделе по торговому речному и морскому плаванию продолжались до окончания русско-японской войны 1904–1905 гг. Неожиданно столичная публика услышала то, чему не хотела верить раньше. Пал Порт-Артур, и на дно внутреннего и внешнего рейдов легла Первая Тихоокеанская эскадра, а Вторая под руководством якобы «бездарного адмирала» З. П. Рожественского была рассеяна и разгромлена в Цусимском проливе. За один год Россия потеряла весь свой флот. Досталось и кораблям. В столичных газетах сообщалось, как в Цусимском сражении погружались в пучину вод перевернутые кверху килем русские броненосцы. Назывались корабли и корабельные инженеры, строившие их. Обыватели требовали расправы с «преступными строителями».

В петербургских кругах муссировался один вопрос: «Нужен ли России флот, а если нужен, то какой?» Выступая перед членами отдела, генерал Н. Н. Беклемишев констатировал, что «в настоящее время большая часть нашего общества увлекается идеями чисто гражданской свободы. В то же время чисто гражданская свобода может привести к жестокой экономической кабале, если Россия не позаботится об упорядочении всех этих «агоний» в стране. Для России не могут быть примером экономическое развитие Германии, Соединенных Штатов Америки и Франции в силу ее особых политических и экономических условий».

Члены отдела выражали недоумение по поводу того, что общественности совершенно неизвестно, какой политики в ближайшее время будет придерживаться Россия. Коммерсант Ю. В. Руммель предупреждал слушателей: «Не имея флота, Россия может очутиться ... в роли эксплуатируемой морскими державами страны, мнение которой в опросах международной политики не будет иметь никакого значения». Солидарно с Ю. В. Руммелем высказывались Н. В. Герасимов, Н. Н. Беклемишев, Житков, В. М. Катышев, М. М. Парфенов, Лавров и другие члены отдела. Более того, Н. С. Колколов, П. М. Ирбе и П. И. Белавенец указывали правительству на необходимость более четкого определения своих врагов, соперников и друзей. Только при этом условии можно планировать строительство флота, способного защитить интересы страны.

Прежде чем давать рекомендации правительству о том, где и какой необходимо строить флот, члены отдела ознакомились с состоянием дел на нем. В. М. Катышев защитил строителей судов, погибших в Цусимском сражении. С. А. Эрдели, побывав на заводах, пришел к заключению, что «русские заводы по своей работоспособности не в состоянии конкурировать с иностранными не только по количеству построенных для флота судов, но равным образом и по качеству и скорости исполнения заказов». А. Л. Бубнов считал, что причиной упадка флота являются: «1. Отсутствие связи между матросами и офицерами, 2. Безнадзорная казарменная жизнь личного состава, 3. Приглашение для службы на флоте армейских офицеров, 4. Частые переводы офицеров с одного корабля на другой. И вообще флотские офицеры не должны принимать участие в строительстве судов. Их задача – пообедать и изучать свои суда (намек на А. А. Попова – автора «Поповок»)».

После дискуссии, состоявшейся в 1905 г. по инициативе Н. Н. Беклемишева, большинство участников ее высказались за строительство броненосного флота. Зачитывалась посмертная записка адмирала З. П. Рожественского, в которой главной силой флота назывались броненосцы. Такого же мнения придерживался и адмирал А. В. Колчак. Соглашаясь в принципе с З. П. Рожественским и А. В. Колчаком, А. П. Семенов-Тяншанский делал акцент в сторону строительства миноносцев и автономных крейсеров.

Со всем этими мыслями категорически не соглашались энтузиасты только что появившегося подводного флота В. М. Катышев, И. И. Ризнич, В. Ф. Добротворский и другие члены отдела, которые предпочитали видеть в России сбалансированный по задачам флот.

От дискуссий отдел перешел к делам. На заседаниях стали высказываться мнения по количественному и качественному составу флотов: В. М. Беклемишев – о Балтийском флоте, М. А. Данилевский и И. Р. Баженов – о Тихоокеанском флоте, Ю. В. Руммель – о Черноморском. Считалось, что для Тихоокеанского флота выгоднее строить корабли на Балтийских заводах и затем перегонять на Дальний Восток. В. М. Катышев допускал возможным строить корабли для флота и на верфях Западного побережья Соединенных Штатов.

18 апреля 1911 г. морской министр объявил Положение о порядке составления и утверждения проектов кораблей. По смыслу этого положения вводилось конкурсное проектирование, чего

на флоте раньше не было. Инициатива в этом деле принадлежала «Военному и Морскому» отделу. Еще в 1905 г. отдел объявил конкурс на проект броненосца водоизмещением в 10 000 т. Конкурс выиграл инженер Путиловского завода Ф. А. Ахенбах (300 рублей). Второе место досталось В. М. Катышеву (100 рублей). Проект не был реализован по причине его незавершенности. Впервые в конкурсе участвовал иностранец, гражданин США Ф. И. Ричес.

Свой вклад в развитие броненосного судостроения внесли и воспитанники Морского технического училища, которые представили проект крейсера для Атлантики и Тихого океана водоизмещением в 25000 т. Предполагалось, что такой крейсер будет обладать большой автономностью, скоростью около 27 уз, иметь большой радиус действия, палубную авиацию, большой запас минерального топлива.

Появление первых подводных лодок приковало интерес к новому виду оружия широкую общественность. Со своими проектами в отдел обращались бендерский помещик Андрей Кожухарь, рядовой черноморской минной роты В. Креминский, инженеры путей сообщений брата И. А. и А. А. Карышевы и другие изобретатели. Для рассмотрения поступающих предложений в отделе образовали специальную комиссию по подводным лодкам.

Практические советы по надводным кораблям и подводным лодкам подкреплялись научными исследованиями ученых отдела. Фундаментальную работу на тему «Математика и законы природы» представил выпускник технологического института Владимир Михайлович Катышев, инженер-механик Колпинского завода Александр Афанасьевич Завалишин – «Железо и алюминий в применении к судостроению», корабельный инженер Михаил Михайлович Окунев – 5-томный труд «Теория и практика судостроения», генерал-майор Иван Ильич Алымов – «Теория корабля» в двух частях («Качка судна на тихой воде» и «Качка судна на волнении»), профессор Ипполит Антонович Евневич – «Основные начала гидростатики», профессор Сергей Прокофьевич Тимошенко – «Курс сопротивления материалов» и «Курс теории упругости», Владимир Иванович Афонасьев – «Практические законы движения судов», Федор Александрович Брикс – «Законы движения судов и теория гребного винта», корабельный инженер Иван Григорьевич Бубнов – «Строительная механика корабля» и других ученых.

Среди этих выдающихся ученых достойное место занимает наш небесный покровитель Алексей Николаевич

Крылов – математик, физик, механик, инженер, метеоролог, астроном, изобретатель, экспериментатор, организатор науки, педагог, переводчик и дипломат, чье имя сегодня носит наша общественная организация. В своих воспоминаниях Алексей Николаевич несколько иронично оценивал РТО и свое пребывание в отделе кораблестроения. Здесь автор воспоминаний немного грешит против истины. Придя сюда учеником, оказавшись среди корифеев науки, сам стал выдающимся ученым, автором теории «Качка корабля на волнении», впервые озвученной в РТО.

Говоря о деятельности отдела кораблестроения, нельзя сказать, что она сделала революцию в этой одной из важнейших областей промышленности России. Но в своих выступлениях члены отдела предвосхищали то, что становилось реальностью в ближайшие и последующие годы: строительство корпусов судов из железа, начало броненосного судостроения, создание Морского канала и котлована морского порта Петербурга, строительство дамбы, создание ледокольного флота, строительство аванпорта в Луге и многое другое.

И здесь нельзя не оценить полезный вклад Общества в совокупную работу таких технически ориентированных отделов, как электротехнический, воздухоплавательный, железнодорожный, промышленно-экономический, горный, топлива и др.

Наконец, уровень развития промышленности России, в том числе судостроительной, к началу XIX в. достиг такого уровня, что был способен в короткие сроки компенсировать боевые утраты. В 1904 г. российский флот потерпел жестокое поражение в Цусимском сражении. Страна потеряла свой флот. Однако за короткий период, с 1905 по 1914 г., был построен новый флот, в который входило: 9 линейных кораблей, 5 броненосных крейсеров, 11 крейсеров, 71 эскадренный миноносец, 47 миноносцев, 11 минных транспортов, 11 канонерских лодок и 24 подводные лодки. Это не был флот открытого моря, но он мог надежно охранить берега страны.

Мы уже отметили, что многие выступления членов отдела носили если не теоретический характер, то чаще информационный. Такая постановка технической информации никак не могла устраивать тех, кто служил на кораблях и в учреждениях флота в силу отдаленности от Петербурга и мест проведения заседаний членов Общества.

В самом деле, по состоянию на 1 января 1884 г. из 38 почетных членов только два имели отношение к кораблестроению, это морской министр вице-ад-

мирал И. А. Шестаков и председатель кораблестроительного отделения Морского технического комитета вице-адмирал А. А. Попов. Но они не являлись постоянными членами отдела кораблестроения и не принимали никакого участия в его работе.

Далее, из 83 постоянных членов Совета Общества к флоту имело отношение 8 человек, и из них только В. В. Максимов и В. А. Чапкин являлись корабельными инженерами.

Наконец, из 878 действительных членов Общества к флоту и флотским делам имели отношение 44 человека, из которых четыре – А. А. Грехнев, Э. Е. Гуляев, Н. Е. Кутейников и Н. Е. Титов были корабельными инженерами и еще 21 – инженер-механиками. Причем, большинство из инженер-механиков проходили службу в Петербурге на береговых должностях.

Отсюда стремление инженеров-моряков открыть свои общества, где они могли бы обмениваться опытом эксплуатации техники и получать информацию о последних достижениях в ближайшей им области. Такими объединениями стали: Кронштадтское отделение РТО, там же Общество морских инженеров и Союз морских инженеров в Санкт-Петербурге.

Отдел «Военный и Морской» РТО свою деятельность закрыл 17 (30) июля 1914 г. в связи с объявлением всеобщей мобилизации. По этому же поводу закрылись Кронштадтское отделение РТО и Общество Морских инженеров.

Кронштадтское отделение РТО свое начало относилось к 16 апреля 1894 г., когда на общем собрании членов-учредителей были избраны его руководители. Почетным председателем избрали вице-адмирала Н. И. Казнакова. Председателем по большинству голосов стал капитан 2 ранга А. А. Вирениус, его заместителем преподаватель минных классов А. С. Попов, а секретарем капитан 2 ранга А. Л. Бубнов. Заведование библиотекой поручили ближайшему помощнику А. С. Попова П. Н. Рыбкину. Первыми постоянными членами отделение избрало представителей всех слоев образованного Кронштадтского общества: капитана, инженера морской строительной части Е. Б. Коптковского, капитана 2 ранга Е. П. Тверитинова, полковника крепостной артиллерии Н. И. Холодовского, инженер-механика Е. М. Заозерского, помощника старшего инженер-механика Г. Н. Пию-Ульского. Так как Е. М. Заозерский от своей должности отказался, вместо него избрали лейтенанта В. И. Пороменского. Кандидатами в постоянные члены оказались штабс-капитан по адмиралтейству А. И. Погодин и лейтенант Н. Н. Апостоли.

С образованием отделения члены его развили довольно интенсивную деятельность. Украшением ее стала беседа 21 декабря 1896 г. командира практической эскадры Балтийского флота вице-адмирала С. О. Макарова «О морской тактике». Аудитория весьма близко восприняла идеи заслуженного адмирала и вызвала горячие и многочисленные прения. Правильно организованные и ведомые почетным председателем отделения вице-адмиралом Н. И. Казнаковым, они послужили выяснению многих военно-морских технических вопросов, особенно по минному делу. Вследствие обширности темы, а также из желания более подробно ознакомиться с некоторыми вопросами, было решено продолжать эти беседы и в 1897 г. Внимание публики привлекали и другие выступления вице-адмирала. В 1899 г., 4 февраля, он представил слушателям свое мнение об однообразии в судовом составе флота, и 5 мая того же года о непотопляемости судов.

Не меньший интерес вызывали выступления преподавателя минного офицерского класса А. С. Попова. В 1896 г. 19 января, Александр Степанович продемонстрировал членам отделения свой прибор для обнаружения электрических колебаний, воспроизводивший опыты Герца с электрическим излучением. 23 января 1898 г. он же сделал сообщение об электрическом способе превращения переменных токов в постоянные по способу Герца, сопровождая сообщение наглядными опытами. Наконец, 16 октября этого же года членам отдела демонстрировался электродвигатель Броуна для переменного тока. Однако наибольший интерес у публики вызвала лекция Александра Степановича «О жидком воздухе». Здесь лектор сообщил историю проблемы, рассказал об опытах Дьюара над сжижением некоторых газов и возможные способы их практического применения.

Из других сообщений внимание членов отделения и публики вызвал доклад 30 января 1898 г. В. А. Семковского о современном состоянии воздухоплавания. Во время доклада демонстрировались шары, корзина аэронавта со всеми инструментами, карты путей полета, термометры, барограммы, фотографические снимки поверхности земли, сделанные аэронавтом во время полетов и пр.

Из лекций, проводившихся в отделении, лишь некоторые могли привлечь внимание моряков-инженеров. Это выступление лейтенанта В. К. Небольсина (12 марта 1898 г.) с демонстрацией изобретенного им ручного аккумуляторного фонаря и с предложениями по его использованию, в дополнении к штатному палубному освещению в мирное время

и во время боя. И доклад Н. А. Смирнова «О влиянии сопротивления на убывание размахов при боковой качке по опытам над моделью миноносца» (16 апреля 1899 г.). Остальные беседы, лекции и сообщения особого интереса для корабельных инженеров и инженер-механиков флота не представляли интереса, разве что удовлетворяли обыкновенное человеческое любопытство.

Неудивительно, что уже через четыре года секретарь отделения А. Л. Бубнов в отчете о работе отделения за 1898 г. сообщал инженерам и морякам: «... Нельзя признать того, чтобы беседы среди его членов отличались многолюдством и оживлением, чтоб число этих бесед было обильно...».

Сменивший А. Л. Бубнова секретарь отделения В. И. Зворыкин отмечал, что «характер деятельности всякого общества зависит в значительной степени от его личного состава, между тем личный состав Кронштадтского отделения, вероятно, наиболее переменный из всех отделений Русского Технического Общества, так как большинство членов его офицеры различных родов оружия, которым приходится часто менять место служения. На место выбывающих вступают новые члены, число постоянных, таким образом, является непостоянным. Это обстоятельство не может не сказаться на деятельности отделения».

Не без горечи В. И. Зворыкин отметил и то, что «на деятельности отделения не могло не отразиться также учреждение (в Кронштадте) Общества морских инженеров, где рассматриваются вопросы по морской технике».

В самом деле, брожение умов молодежи явилось, без сомнения, требованием времени и имело причиной быстрый рост прогресса морской техники, замечавшийся в последние годы XIX в. За это время в области морской техники усовершенствования непрерывно следовали за усовершенствованиями, нововведения за нововведениями.

При таких обстоятельствах морскому инженеру становилось труднее следить за прогрессом знаний по своей специальности, и чувствовалась необходимость в более тесном общении с товарищами по профессии, благодаря чему результаты опыта каждого являлись бы вкладом в сокровищницу знаний всей корпорации.

Первое собрание морских инженеров состоялось 14 марта 1896 г., на котором прежде всего обсудили программу деятельности будущего сообщества. На это собрание явилось 32 человека. Полковник А. И. Пароменский официально принял на себя обязанности председателя общества, а капитан А. И. Погодин – звание товарища председателя.

Затем избранный первый председатель обратился к собравшимся с речью, в которой, как нельзя лучше, определил своевременность учреждения общества и наметил цели, которые, по его мнению, должны были быть преследуемы новым обществом.

Членами Общества могли быть: все корабельные инженеры и инженер-механики флота, находящиеся на службе, а также и все лица, служившие в корпусах этих инженеров; лица, окончившие Морское инженерное училище или Николаевскую морскую академию по инженерным отделам или другое высшее техническое заведение, если только они, хотя и не состоят в корпусах, упомянутых инженеров, но служат в морском ведомстве. Двери Общества были открыты всем лицам, имеющим звание инженера, окончившим Морской корпус, военные училища или высшие учебные заведения.

Число членов Общества стало быстро расти, и уже в первые дни его существования насчитывалось более ста человек, чего не наблюдалось ранее в Кронштадтском отделении РГО. Только в списке членов учредителей общества морских инженеров числилось 170 инженер-механиков и корабельных инженеров. Среди инженер-механиков значились такие известные на флоте специалисты, как В. И. Афонасьев, У. Д. Абрашкевич, Н. И. Бураков, Г. Д. Воронин, А. А. Гаврилов, В. Ф. Геймбрук, Е. М. Гончаров, В. Е. Гуляев, Т. Ф. Загуляев, Е. М. Заозерский, А. П. Леонтьев, А. Я. Линдебек и др. Корабельные инженеры в списке членов учредителей представлялись К. Я. Аверинным, К. Н. Арцеуловым, И. Г. Бубновым, П. Ф. Вешкурцевым, Н. И. Комовым, Н. Е. Кутейниковым, Н. И. Янковским и др.

Ежегодно проводилось около 23 общих собрания. О характере деятельности Общества можно судить по тематике докладов которые были заслушаны инженерами: «О лопастных насосах» (Ф. А. Брикса), «О водоотливной системе броненосца «Сисой Великий» (А. Ф. Дерягина, прочитан председателем общества), «О правилах, принятых во Франции для сохранения локомотивных и водотрубных котлов» (В. Я. Накоренко), «О прямодействующих насосах» (Г. Н. Пио-Ульского), «О внутреннем трении машин» (К. Д. Моркина), «О положении крейсера 1-го ранга «Россия» на мели и о ходе работ по его снятию с мели при помощи промывания под ним грунта» (Н. И. Комова), «О циркуляции воды в водотрубных котлах» (А. И. Погодина, доклад сопровождался весьма интересными опытами), «О сборке подшипников» (Л. Л. Карповича), «О полом-

ках механизмов в море и о некоторых способах их временного исправления» (инженер-механика Пономарева), «О котлах Бельвиля с точки зрения корабельного инженера» (М. В. Шебалина) и другие в таком же духе.

В 1913 г. деятельность Общества морских инженеров прекратилась, но начало этому процессу было положено еще в 1909 г., когда от сообщества инженеров потребовали новой редакции Устава. В новом Уставе особое внимание обращалось на организацию выборов должностных лиц Общества, редактора Вестника, председателя и секретаря общества. Много места уделялось организации ведения собраний, ведению протоколов, публикациям в газетах, вообще, дальнейшая деятельность Общества строго регламентировалась. Кронштадтскому военному губернатору предоставлялось право закрыть Общество, если он признает это необходимым вследствие беспорядков в Обществе или нарушения его устава. Еще до этого в 1904 г. Приказом по Морскому ведомству от 14 февраля за № 31 вводилась особая рода аттестация, заключающаяся в себе самые конфиденциальные сведения обо всех офицерах флота, от младших до адмиралов. Таким образом, на флоте устанавливалась система всеобщей слежки. И даже при нахождении за границей офицеры обязаны были представлять морскому агенту страны или российскому послу место своего проживания и цель пребывания за границей. В таких условиях, порождавших подозрительность друг к другу, не могло быть и речи о продолжении активной деятельности Общества морских инженеров.

Потерпев неудачи в Кронштадте, морские инженеры нашли продолжение своих сообществ в Петербурге.

Учредительное собрание Союза, устроенное морскими инженерами В. Л. Позднюниным, И. Я. Кункиным, В. И. Юркевичем и Ф. Ф. Павличекон, состоялось 26 апреля 1915 г. Почетным председателем Союза был избран профессор К. П. Боклевский. Членами Правления: Б. Г. Харитонович (председатель), В. Л. Позднюнин (товарищ председателя), В. И. Юркевич (секретарь), В. Ф. Попов, И. Я. Кункин и М. М. Филоненко (члены правления), Б. М. Калинин, Е. М. Токмаков, Е. Р. Перковский (кандидаты в члены правления). В ревизионную комиссию: Н. А. Казанский, К. И. Руберовский и К. Э. Кольбе. В научно-технический комитет: Б. Л. Сушенков (председатель), Я. М. Хлытчиев, П. Ф. Папкович, В. Т. Струнников и Е. Л. Бравин (члены комитета). На внеочередном собрании членов союза 29 августа 1915 г. по представлению правления почетными

членами союза были избраны профессора кораблестроительного отделения политехнического института А. Н. Крылов, И. Г. Бубнов, А. П. Фан-дер-Флит и С. П. Тимошенко.

За время своего существования корабельные инженеры провели 24 собрания. Союз интенсивно пополнялся новыми членами. Если в 1915 г. в его составе было 77 человек, к июню 1917 г. 142, а к середине 1918 г. в его рядах числилось уже 211 инженеров, и наблюдалась устойчивая тенденция к дальнейшему расширению.

С самого начала своего существования Союз морских инженеров испытывал самые серьезные затруднения. Политические и общие условия жизни не благоприятствовали развитию деятельности намеченной уставом Союза. Тем не менее, Союз стремился, по мере сил и возможности, продолжать свою работу. Для этого морские инженеры избегали вводить в свою жизнь элементы политики, полагая, что последняя, несомненно, должна была бы вредно отразиться на осуществлении основных задач Союза, внося неизбежные расколы в своей среде. Несмотря на все предосторожности, 3 марта 1918 г. Союз прекратил деятельность, так как в стране наступили самые мрачные времена.

Во время революций 1917 и 1918 гг., Гражданской войны и отражения иностранной интервенции, послевоенной разрухи и репрессий, прокатившихся по стране, Россия лишилась многих инженеров-моряков. Только в эмиграции оказалось около 250 корабельных инженеров, инженеров морских и инженер-механиков. В их числе были и члены Союза Н. К. Арпеулов, Н. О. Беренс, К. К. Крестовец, Р. М. Ловягин, Д. И. Малецкий, В. Х. Оффенбах, Г. Н. Пио-Ульский, С. П. Тимошенко, В. И. Юркевич, А. П. Фан-дер-Флит и др. Подавляющее большинство из эмигрантов были еще совсем молодые, полные сил инженеры.

На долю инженеров, оставшихся в России, выпало не меньше, а скорее еще больше испытаний. По разным причинам многие члены последнего Союза, подверглись жестокому репрессиям. Новая власть не терпела никаких иных союзов, кроме одного – РСДРП.

В годы советской власти подверглись репрессиям члены Союза К. Э. Кольбе, Б. М. Калинин, В. Ф. Попов, В. Т. Струнников, А. Н. Асафов, А. Ю. Винблад, Н. И. Власев, Н. В. Григорьев, Ф. К. Дормидонтов, В. П. Костенко, Б. Г. Харитонович, А. Н. Дикаристо и др.

В эти же годы были расстреляны бывшие члены Союза Михаил Александрович Дзбановский, Николай Иванович Казанский, Евгений Влади-

мирович Красноперов, Дмитрий Александрович Мацкевич, Ксенофонт Иванович Руберовский, Борис Яковлевич Стрельцов.

Казалось бы после всех трагических событий в стране и враждебного отношения к технической интеллигенции идея объединения инженеров-моряков должна была быть похороненной. Но не тут-то было. В Политехническом институте с 1908 г. работало большое количество студенческих кружков. К 1912 г. число их достигло до 98. Среди них был и научный кружок Кораблестроительного факультета, а с 1925 г. студенты начали выпускать свой журнал «Кораблестроитель». Преподаватели не могли участвовать в кружках без риска для собственной жизни, но ничто не мешало им публиковать в журнале свои статьи. И когда в 1930 г. образовалось Научно-техническое общество судоходства и судостроения преподаватели и вчерашние студенты перешли в Общество и передали ему свой журнал.

Выделившееся из Всесоюзного, НТО судостроителей начало свою деятельность 1 июня 1932 г., когда было избрано первое руководство общества во главе с академиком Алексеем Николаевичем Крыловым. Перед Алексеем Николаевичем стояла нелегкая задача, используя свой опыт членства в РТО, Обществе морских инженеров и Союзе морских инженеров, построить новое Общество судостроителей.

Выполнение задачи усложнялось тем, что, по мнению ЦК ВКП (б), «застывающие в тисках мирового кризиса империалисты всех стран... беспрерывно провоцируют войну против СССР, видя в ней единственный выход из кризиса». На этом фоне сложилось негативное отношение к старой технической интеллигенции, как к вредителям и троцкистам. У морских инженеров были еще свежи в памяти аресты среди сотрудников СОЮЗПРОЕКТВЕРФИ.

ЦАК ВКП (б) вынужден был издать Постановление от 10 июля 1931 г., в котором говорилось о необходимости «предоставить возможность инженерно-техническому персоналу проявлять широкую инициативу в деле рационализации и улучшения процессов производства, допуская неудачу, подлежащую разбору лишь со стороны руководителей предприятий и объединений».

Однако мера эта была вскоре разрушена очередной волной репрессий. По надуманным причинам были арестованы члены президиума НТО: Н. В. Алякринский, В. Л. Бродский, И. М. Золотарь, К. З. Кольбе, Р. А. Муклевич, Б. Я. Стрельцов, П. Г. Гойнкис, Н. В. Григорьев, И. М. Жданов, Н. А. Ка-

занский, Б. М. Матвеев, В. Т. Струнников, В. Л. Сурвилло и руководитель секции Б. Ф. Кондратьев.

Кроме того, по указанию ВСНИТО в Обществе началась перерегистрация, в том числе и членов Правления. Для выполнения этой «работы» президиум создал специальную комиссию. Перед началом перерегистрации Президиум, правление и «члены комиссии» провели массовую разъяснительную кампанию. В результате «перерегистрации» членов Общества, когда оно проверило свои ряды, очистилось от «врагов народа» и «случайных элементов», в его списках осталось только 623 человека из 2000 числившихся ранее.

Несмотря на все затруднения, НТО активно работало. Основной упор деятельности руководства ВНИТОСС делался на создание ячеек Общества на местах и вовлечение в них новых членов. Работа Правления Общества, секций и ячеек на судостроительных предприятиях и в учебных заведениях велась в направлении разрешения производственных задач, стоявших перед судостроителями путем консультаций и экспертиз, повышения квалификации инженерно-технических работников, проведением научно-исследовательских работ и массовых технических мероприятий, как то: организацией докладов, лекций, кружков, курсов и т. д.

После окончания советско-финской войны правлению в составе 9 оставшихся членов, удалось подготовить и провести II Съезд ВНИТОСС. К этому времени ряды Общества несколько упрочились, и оно объединяло уже 1200 человек.

Вся практическая деятельность правления после съезда была направлена на повышение квалификации членов ВНИТОСС, инженерно-технических работников и стахановцев судостроительной промышленности, на освоение достижений передовой науки и техники и внедрение их в практику проектирования и строительства судов. Активная организаторская деятельность Центрального правления ВНИТОСС в отделениях и на местах была прервана Великой Отечественной войной.

В конце 1941 г. в связи с эвакуацией предприятий и организаций из блокадного Ленинграда Центральное правление ВНИТОСС было переведено в Москву. С призывом на военную службу ученого секретаря С. П. Логинова, Центральное правление ВНИТОСС прекратило свою работу до марта 1943 г. Однако в первичных организациях и отделениях общества в Москве, Горьком и Казани работа продолжалась под лозунгом «Все для фронта, все для победы!». Ленинград-

ское отделение начало свою деятельность в условиях блокады в 1943 г. под руководством В. Ф. Попова. В марте 1943 г. возобновило работу и Центральное правление, размещавшееся в одной из комнат Наркомата судостроительной промышленности, направляя ее на послевоенное развитие отрасли. За время войны в Москве было проведено совещание по типизации морских и речных транспортных судов, совещание по применению поточных методов в судостроении. В 1944 г. ряд работников судостроительных организаций (В. И. Першин, А. С. Петров, Ф. А. Розенфельд, В. В. Егоров, Е. С. Южаков и др.) побывали в командировке на заводах США. Со своими впечатлениями о поездке инженеры поделились с коллегами ряда судостроительных заводов.

В связи с реэвакуацией научных учреждений, учебных заведений, конструкторских бюро и развертыванием производственной деятельности судостроительных заводов в 1945 г. правление ВНИТОСС решило возвратиться в Ленинград, для чего было подано ходатайство в Исполком Ленгорсовета, поддержанное наркомом Судпрома и Всесоюзным Советом НИТО. Возвращение Центрального правления было связано с укомплектованием штата секретариата, инвентаризацией имущества Общества, которое сохранилось во вполне удовлетворительном состоянии благодаря самоотверженной работе сотрудников ВНИТОСС Н. В. Тихоновой, которая в годы блокады оставалась на своем посту. После возвращения наладилась работа Центрального правления и 6 специализированных секций.

Конец 1945 г. прошел под знаком траура, когда 26 октября скончался первый председатель ВНИТОСС академик Алексей Николаевич Крылов. Замену Алексею Николаевичу и другим, выбывшим членам Правления, нашли только в 1948 г. Председателем Общества избрали академика Ю. А. Шиманского.

Начиная с 1940 г. Общество вело вялотекущую жизнь. В этой обстановке остатки от избранного в 1940 г. Президиума ВНИТОСС (из 1942-х) вынуждены были 12 января 1955 г. обратиться с просьбой в Центральный Комитет коммунистической партии оказать содействие в проведении очередного съезда Общества. Вместо съезда Правлению ВНИТОСС было предложено провести в Ленинграде 1-ю Всесоюзную отчетно-выборную конференцию, которая прошла 25 июня 1955 г. Впервые после длительного перерыва был избран легитимный орган управления Обществом во главе с академиком Ю. А. Шиманским. При Центральном правлении на-

чали действовать 10 специализированных секций, руководимых опытными специалистами и учеными: Л. А. Гордоном, Ю. В. Кривцовым, Ю. А. Шиманским, А. Г. Курзоном, В. А. Ваншейдтом, Н. М. Хомяковым, В. К. Дормидонтовым, В. С. Барановым, С. П. Авенировым, Д. А. Черногузом.

При новом составе Правления деятельность общества значительно активизировалась. В планы Общества включали мероприятия, направленные на улучшение технико-эксплуатационных характеристик строящихся судов и судового оборудования, сокращение сроков и стоимости проектных работ, внедрение более совершенных процессов постройки судов и их ремонта, более эффективную эксплуатацию заводского оборудования, повышение производительности труда и снижения себестоимости постройки судов, повышение производственной квалификации работников судостроительной промышленности.

За период 1955–1959 гг. в несколько раз увеличилось количество проводимых ежегодных мероприятий. За четыре года численный состав Общества по состоянию на 1 января 1959 г. возрос до 10 741 человека (в 1955 г. – 1870 человек). Число юридических членов выросло с 57 до 112, а число первичных организаций общества с 62 до 121. Годовой бюджет возрос с 245 тысяч рублей до 862 тысяч в 1958 г.

Состояние эйфории продолжалось недолго. Начиная с 1965 г. деятельности НТО начал проявляться ряд недостатков. Как Центральное правление, так и региональные организации имели очень слабую связь с Обществом по распространению научных и политических знаний. Ни при Центральном правлении, ни на местах не были созданы постоянные лекторские группы. Другим существенным недостатком являлся слабый контроль со стороны Центрального правления и региональных отделений за выполнением решений съездов, конференций и совещаний членов НТО. В тематике работы первичных организаций (кроме организации НТО на Северном машиностроительном предприятии и на Мурманской верфи) отсутствуют проблемы охраны рабочих и улучшения условий их труда на судостроительных предприятиях. Отмечалось, что в цехах заводов в значительной степени загрязнен воздух, имеет место производственный травматизм и даже с тяжелыми исходами. Центральное правление НТО обязало местные правления, включить в свои планы выявление объектов на заводах, где продолжают нарушения техники безопасности труда, проведение конкурсов по

реконструкции опасного для здоровья рабочих заводского оборудования и примерное вознаграждение за лучшие предложения в этой области.

IV съезд НТО в 1959 г. констатировал спад в работе общественной организации. Так, секции при Центральном правлении не нашли своего места в решении проблем технического прогресса в судостроительной промышленности, мероприятия не нацеливались на оказание конкретной помощи судостроению, и не решали крупных проблемных вопросов в производстве, не акцентировали свое внимание на повышение качества проектирования, на проблемы проектирование перспективных судов на ближайшие 10–15 лет, на своих конференциях не выносили на обсуждение снижение стоимости строящихся судов и разумного расходования огромных народных средств, выделяемых государством для судостроительной промышленности.

Значительная доля вины за слабую работу секций несло Центральное правление, которое редко встречалось с представителями бюро секций, мало помогало им в определении тематики работ на определенный период и недостаточно контролировало деятельность секций.

В дальнейшей деятельности НТО, несмотря на видимые успехи, от съезда к съезду недостатки усугублялись, на что обращали внимание представители периферийных организаций НТО: низкое состояние обеспеченности судостроения, особенно речного, главными и вспомогательными механизмами, соответствующими современным требованиям (А. С. Бондаренко), дефицит мощностей машиностроительных цехов, дефицит комплектующих изделий судового машиностроения составил 27,7 млн рублей (И. А. Громов, Лен. обл.), состояние ремонтных баз отстает от темпов развития флота (Д. П. Марченко. Рига), журнал «Судостроение» на своих страницах мало освещал новости в технологии судостроения, проблемы эксплуатации судов, замечания по технике, выявленные в процессе ходовых испытаний судов (Е. Н. Полуляхов, Николаев. обл.), и т. д.

Последние годы строительства «развитого социализма» привели к застою а развитию науки и техники, очковитательству и вопиющему упадку дисциплины как в рядах руководящей партии, так и в государственных органах.

Попытка Ю. В. Андропова исправить положение в стране путем привлечения КГБ к налаживанию дисциплины, разоблачения коррупции среди окружения правящей верхушки не увенчались успехом из-за краткос-

ти правления государством и партией. Сменивший Ю. В. Андропова дряхлеющий К. У. Черненко кроме призывов к совершенствованию развитого социализма и усилению идеологической работы партии больше стране дать не мог.

Большие надежды возлагались на молодого реформатора М. С. Горбачева. Однако бремя предшествующей истории развития страны немедленно сказалось на экономике: большинство проектов так и не осуществлялось из-за нерешительности и половинчистости, из-за сопротивления аппарата и просто в силу привычек, глубоко укоренившихся за десятилетия административного управления.

Сегодня, с высоты прожитых лет, трудно предъявить какие-либо претензии к бывшим руководителям НТО П. П. Пустынцеву, Н. Н. Исанину, И. В. Горынину и В. М. Пашину за то, в каком положении оказалось НТО к началу 2000 г. Членов НТО в это время беспокоили не столько проблемы общественной организации, сколько насущные заботы о физическом существовании. В НТО была парализована работа Президиума, свернули свою деятельность периферийные организации и секции при центральном правлении. Почти прекратилось финансирование НТО, нечем было оплачивать аренду помещений и зарплату сотрудникам. Героические усилия прилагали аборигены Общества Регина Ивановна Старкова, Людмила Юрьевна Багреева, Александр Сергеевич Врублевский, а также главный инженер Балтийского завода Виктор Илларионович Лунев, чтобы спасти для НТО помещения на Невском проспекте, 44, на которые, как алчные хищники, накинута предстатели налоговой службы, финансового управления, управления имущественных отношений, управления жилищно коммунальным хозяйством и всякого рода авантюристов, «положивших глаз» на апартаменты в престижном месте на Невском проспекте, 44. Так было, но на сегодня все далеко не так.

В 2002 г. разрозненные подразделения НТО собрались на свой Третий съезд уже Российского научно-технического общества. Сразу же была приведена в порядок штаб-квартира на Невском проспекте, 44. Проведен капитальный ремонт помещений с полной заменой тепловых и электрических сетей, продлена аренда. Благодаря годовому тематическому плану работы НТО, а также бескорыстной помощи научных сотрудников Крыловского государственного научного центра, Центра технологии судостроения и судоремонта, СПбГМТУ, гене-

ральных директоров: Витольда Витальевича Войтецкого, Владимира Евгеньевича Юхнина, Виктора Сергеевича Татарского, Владимира Григорьевича Пешехонова, Георгия Николаевича Муру, Владимира Юрьевича Дорофеева, Александра Сергеевича Бузакова и других активных членов НТО, удалось наладить научную работу и финансирование Общества. При Центральном Правлении начали работать специализированные секции, которых сегодня насчитывается 26, стали регулярно проводиться заседания Президиума, сегодня работает 8 региональных подразделений Общества, Президиум регулярно проводит съезды, конференции и выездные сессии. Восстановлены связи с судостроительными НТО зарубежных стран и создано Международное НТО судостроителей имени академика А. Н. Крылова. Этот список достижений можно было бы продолжить, но нужно сразу сказать: всем достижениям последних 15 лет существования НТО мы обязаны неутомимой и бескорыстной деятельности Владимира Леонидовича Александрова, а также многополезной работе первого вице-президента Леонида Александровича Промыслова и Центрального правления НТО.

Но надо добавить ложку дегтя. В нашем городе множество профессиональных домов культуры: актеров, композиторов, архитекторов, связистов, учителей, слепых и так далее. Но ни разу не упоминается Дом судостроителя. И это в Морской столице страны или страны, претендующей на роль мировой морской державы. В истории России известно, как уважали все морское при Петре I, Екатерине II, Павле I, великом князе Константине Николаевиче, а кто сегодня радеет за отечественный флот? Есть радители тигров, стерхов. Все они часто путешествуют, и потому осчастливили Русское географическое общество. А кто опекает Научно-техническое общество судостроителей? Разве что «еси на небеси» Алексей Николаевич Крылов. И еще. На заре создания Общества судостроителей были организованы издательство «Судостроение» и журнал «Судостроение». Первое, всеми брошенное, влечит жалкое существование под десятилетиями руководствами лицами, никакого отношения к судостроению не имеющими. Второе, под крылышком ЦНИИ ТСС, ведет себя по принципу «кто платит, тот заказывает музыку». Среди авторов публикаций вы не найдете членов секций НТО, по крайней мере секции истории, но на страницах журнала безраздельно господствуют «историки», подвизающиеся в архивах и даже являющиеся рецензентами статей членов НТО. ■

Осмысленная полутораветковая путь нашего Общества от его зарождения как IV Отдела «Судостроения, морской техники, артиллерии и оружейного производства» Русского Технического Общества» до наших дней, нельзя не отметить определенную цикличность в его развитии.

Начало каждого цикла связано с крупными и трагическими страницами русской истории, вызывавшими к жизни новые общественные силы, которые постепенно крепили и выходили на авансцену истории как преобразователи значимых сфер жизни нашего Отечества. Процесс накопления потенциала этих сил порой занимал десятилетия, после чего при мирном течении жизни становился значимым фактором общественного развития.

По отношению к РТО, его Отделу судостроения и обществам-преемникам такими историческими событиями явились Крымская война 1853–1856 гг., русско-японская война 1904–1905 гг., Февральская буржуазная и Октябрьская социалистическая революции 1917 г. и последовавшая за ними Гражданская война, Великая Отечественная война 1941–1945 гг., трагическое крушение Советского Союза в 1991–1993 гг.

Каждое из названных исторических событий происходило при различных экономических и политических условиях, но применительно к развитию нашего Научно-технического общества обязательно приводило к привлечению в его ряды выдающихся ученых судостроителей и флотоводцев, предпринимателей и организаторов производства, инженеров и просто энтузиастов судостроительной общественности. При этом совершенствовалась организационная структура НТО судостроителей, расширялся масштаб деятельности, актуализировались направления и сферы научных исследований и практической работы в соответствии с тенденциями научно-технического прогресса.

В историческом докладе В.В. Козыря, прозвучавшем на Пленуме ЦП НТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова 30 мая 2016 г., достойно оценена роль организаторов и выдающихся деятелей отечественного морского и судостроительного дела, названы их имена и конкретный вклад в развитие нашего Научно-технического общества. Чтобы не повторяться, назову лишь некоторые из них. Это – В.А. Римский-Корсаков, И.П. Алымов, В.М. Катышев., Н.Е. Кутейников, С.К. Дзевецкий, И.Г. Бубнов, К.П. Боклевский, А.Н. Крылов, Ф.П. Литке, И.А. Шестаков, К.Н. Посьет, М.Н. Беклемишев, Ю.А. Шиманский, В.Л. Поздюнин, П.Ф. Папкович., Н.Н. Исанин, И.В. Горынин, В.М. Пашин.

Значим их вклад в развитие отечественного судостроения и нашего общественного объединения, но не менее значим тот факт, что в каждом из названных мной цик-

## РОССИЙСКОЕ И МЕЖДУНАРОДНОЕ НТО СУДОСТРОИТЕЛЕЙ ИМ. АКАД. А.Н. КРЫЛОВА В РАЗВИТИИ ОТЕЧЕСТВЕННОГО СУДОСТРОЕНИЯ

*В.Л. Александров, д-р техн. наук, проф.,  
президент РосНТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова,  
контакт. тел. (812) 315 5027, 710 4693*

лов, независимо от общественно-экономических условий, Научно-техническое общество существовало как организация сначала сотен, потом тысяч, а затем десятков тысяч энтузиастов и патриотов России, избравших своим служением Отечеству морское и кораблестроительное дело.

На долю одних из них пришлось времена бурного развития Общества судостроителей, другим «достались» времена «затухания» активности судостроительной общественности и деятельности обществ-предшественников нашего НТО. Но все наши предшественники, участвовавшие в организации, руководстве или просто работе НТО судостроителей, стремились реализовать цель, определенную Уставом РТО: общественное объединение должно обеспечивать «соединение науки с практикой, содействие развитию русской промышленности и техники, создание отечественных технических кадров». Единство этой цели для всей истории нашего НТО является **стратегической наследственной традицией**, обеспечивающей его жизнеспособность.

**Второй традицией**, переданной нам историческим опытом обществ-предшественников нашего НТО судостроителей, начиная с IV Отдела РТО, является **набор средств для достижения поставленной цели**. Эти средства, сформулированные в Уставе РТО, на современном языке научно-технического прогресса включают следующие основные инструменты содействия развитию отечественного судостроения:

- направленность научных разработок ученых-членов Общества на предметные, технологические и организационно-производственные инновации в судостроительную промышленность;
- научно-экспертная оценка инновационных проектов, предлагаемых для внедрения в реальное судостроительное производство;
- всемерное методическое и практическое содействие развитию кораблестроительного образования;
- просветительская научно-техническая деятельность Общества среди судостроительной общественности.

**Третья традиция**, заложенная в Уста-

ве РТО и определявшая деятельность всех его отделов, – **организация работы** на основе годовой Программы, т. е. фактически **на планомерной основе** при полной ответственности отделов за результаты работы. При этом Программа строилась преимущественно на исследованиях, работах и мероприятиях членов РТО.

Российское НТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова организационно сформировалось как преемник Всеобщего НТО судостроения в 2002 г. С первых дней своей работы Центральное правление Общества придавало первостепенное значение сохранению, развитию и претворению в жизнь традиционных ценностей, выработанных всей предшествующей историей нашей организации.

Прежде всего, восстановлена традиция организации деятельности Общества *на планомерной основе*, для чего Президиум НТО ежегодно разрабатывает тематические планы по следующим разделам:

- организация научно-технических конференций, семинаров, совещаний, проводимых на основе научных и практических работ членов Общества по проблемам развития судостроения и судоходства, выставки по экологии, экономике, управлению производством, подготовке и переподготовке кадров, публичные мероприятия по истории судостроения, работы молодежного и инновационного комитетов Общества;
- международное сотрудничество, определяющее участие в международных семинарах, выставках, конференциях, встречах рабочих групп, в работе комиссий и международных проектах;
- организационные вопросы и издательская деятельность.

Важной чертой, определяющей современное планирование работы НТО судостроителей, выступают динамичность задач и расширение их масштабов. Эта динамичность создается новыми приоритетами научно-технического прогресса и задачами экономического развития отрасли. Поэтому Президиум НТО уделяет первостепенное внимание актуальности целеполагания планов деятельности Общества.

В последние годы Российское НТО судостроителей тщательно координирует тематические планы Общества с Государственной программой Российской Федерации «Развитие судостроения и техники для освоения шельфовых месторождений на 2015–2030 годы», входящей в нее Федеральная целевой программой «Развитие гражданской морской техники» на 2009–2016 годы, долгосрочной Стратегией развития судостроительной промышленности на период до 2020 года и на дальнейшую перспективу, программой «Модернизация транспортной системы России на 2010–2019 годы», рядом других важнейших документов. Деятельность Общества постоянно актуализируется с учетом решений о развитии отечественного судостроения, принимаемых на высшем государственном уровне. Особую роль в организации работы НТО имеет оценка фактического состояния российского судостроения.

Исследования современного российского судостроения проводятся в настоящее время на двух уровнях. Во-первых, рассматривается деятельность только ряда организаций, в установленном порядке включенных в Сводный реестр организаций оборонно-промышленного комплекса (ОПК) и/или отнесенных к стратегическим. Таких предприятий порядка 130, на которых занято около 145 тыс. человек. Государственную политику в области морской техники и судостроительной промышленности по этим предприятиям реализует Министерство промышленности и торговли РФ (Минпромторг России). Обобщенный анализ отечественной судостроительной индустрии проводится по более широкому кругу предприятий, так как в России еще более 200 организаций ведут свою хозяйственную деятельность в области судостроения.

Российское НТО судостроителей им. акад. А. Н. Крылова за время своей деятельности расширило масштаб вовлечения ученых и инженеров в свои ряды, во многом перешагнув ведомственные границы прежнего Минсудпрома СССР. Поэтому оценку состояния российского судостроения целесообразно также изложить в более широком аспекте\*.

Траектория развития отечественного судостроения за последнее десятилетие характеризуется следующим:

- динамика российского корабле- и судостроения (сектор ОПК) в сопоставимых ценах позволяет заключить, что в 2006–2007 гг. в судостроительной промышленности наблюдался серьезный спад, и уровень производства в 2008 г. всего лишь примерно на 10% превосходил уровень 2004 г.;
- с 2009 г. начинается более быстрый

рост, хотя в 2011 г. снова был спад;

- в общей сложности в 2014 г. уровень промышленного производства в российском корабле- и судостроении превосходил уровень 2008 г. в 1,5 раза (и в 1,7 раза – уровень 2004 г.) в сопоставимых ценах;
- объемы производства в натуральном выражении с учетом предприятий, не входящих в ведомственную статистику Минпромторга России, показывают, что за 2012 г. было сдано 162 ед. гражданских судов, катеров и других плавсредств, в 2013 г. – 170, а в 2014 г. – около 120;

Экспертные оценки состояния отечественного судостроения сводятся к следующим выводам:

1. Темпы роста промышленной продукции корабле- и судостроения после 2010 г. уступают темпам роста выпуска промышленной продукции в оборонно-промышленном комплексе.

2. Наблюдается устойчивая тенденция снижения в судостроительной отрасли валовой добавленной стоимости в создаваемой продукции. Это свидетельствует о тенденции к снижению рентабельности судостроительного производства в России и низких темпах роста производительности труда на российских верфях. Падающая динамика показателя валовой добавленной стоимости также указывает на увеличение импортной составляющей в производстве, ремонте и модернизации судов.

3. Доля гражданской продукции, производимой предприятиями судостроительного комплекса, имеет самое низкое значение среди отраслей оборонной промышленности. Соответственно, в период 2004–2011 гг. зависимость от военных заказов в судостроении была на сверхвысоком уровне – в среднем порядка 75%. Однако в отдельные периоды доля гражданской продукции за счет реализации единичных крупных коммерческих заказов резко возрастала. «Инициаторами» таких работ были преимущественно компании, тесно аффилированные с государством (например, заказчики морской техники для добычи углеводородов на морском шельфе). Тем самым, определяющим при формировании портфеля контрактов российской судостроительной промышленности ранее являлись и остаются параметры государственного оборонного заказа.

4. Сводные натуральные объемы сданных судов (за исключением военного сектора) не имеют значимой тенденции к росту.

Таким образом, анализ позволяет сделать общий вывод о значительном росте военного сектора производства при крайне умеренном росте гражданского сектора судостроения, переходящего в стагнацию. В 2012–2014 гг. на военное производство стабильно приходилось более 80% произведен-

ной продукции. По экспертному мнению, уже в ближайшие годы оно увеличится до 85%. За период 2004–2014 гг. в сопоставимых ценах (к базисному 2004 г.) объем промышленной гражданской продукции отрасли увеличился всего лишь на 5%, военной – на 95%. При этом взрывной рост военного сектора был продемонстрирован именно в период с 2001 по 2014 г. Основным фактором столь существенного роста является Государственный оборонный заказ, а не экспорт. В частности, к 2014 г. по сравнению с 2005 г. объем выполняемых работ в рамках гособоронзаказа увеличился примерно в 2,5 раза, а с учетом контрактов, финансируемых за счет банковских кредитов, привлеченных под государственные гарантии, – более чем в три раза.

Эксперты подчеркивают, что решение проблемы устойчивого долгосрочного роста российского судостроения лежит не в его «военной специализации», а именно в преодолении стагнации его гражданского сектора. Именно в отечественном гражданском судостроении сохраняется несоответствие между конкурентным характером отрасли в мире и низкой конкурентной средой в российском судостроении, проектировании и производстве комплектующих. Существенно отстает общий уровень технологии и организации работ по сравнению с лидерами мирового судостроения. Удельная трудоемкость производства в российском судостроении в 3–5 раз выше, чем на иностранных предприятиях, а продолжительность постройки судов в 2–2,5 раза больше. Как следствие, российские судостроители уступают зарубежным конкурентам по всем ключевым критериям – цена, качество и срок исполнения.

Проблемы развития отечественного судостроения достаточно реалистично оцениваются на государственном уровне. Особо в условиях острой потребности в продукции гражданского назначения.

Потребности в современных судах и морской технике отраслей национальной экономики, связанных с морской и водной деятельностью, постоянно возрастают. Прогнозные потребности основных внутренних заказчиков гражданской продукции до 2030 г. составляют до 1200 ед. судов и морских технических средств.

Особо актуально строительство современной морской техники для освоения шельфовых месторождений углеводородов, включающей производство:

- платформ разведочных и добывающих – более 30 ед.,
- судов обеспечения, технического и служебно-вспомогательного флота – более 150 ед.,
- газозовозов, в том числе ледового класса, – более 20 ед.

Требуется строительство уникальных судов для возрождения Северного морского пути, включающих:

- атомный ледокол-лидер мощностью

\* А. А. Тресорук, И. Э. Фролов. Российское судостроение: проблемы развития и пути повышения его работоспособности // Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. 2015. Вып № 13. С. 463–485.

- 110 МВт – 1 ед.,
- универсальные атомные ледоколы мощностью 60 МВт – 5 ед.,
- линейные дизельные ледоколы 25 МВт и 18 МВт – 12 ед.,
- вспомогательные и портовые ледоколы мощностью 4–7 МВт – 8 ед.,
- плавучие атомные электростанции для северных регионов – 7 ед.

Также требуется существенное обновление российского морского транспортного флота, предусматривающее строительство до 230 ед. танкеров, в том числе дедвейтом более 70 тыс. т, балкеров, универсальных и многоцелевых судов, лесовозов.

Перед речным флотом России стоит масштабная задача кардинального обновления своего флота, для чего кораблям необходимо построить до 750 ед. судов речного и смешанного (река-море) плавания, судов технического флота, судов для государственных нужд и надзора.

Отечественный рыбопромысловый флот также нуждается в кардинальном обновлении, испытывая потребность более чем в 200 больших и малых специализированных судах.

Потребности морской науки в научно-исследовательских судах составляют 25 ед.

Только за три ближайших года рост объемов гражданского судостроения, включая научные и опытно-конструкторские работы, должен составить 23% и достичь в 2018 г. более 59 млрд. руб.

С такими задачами может справиться только инновационная экономика судостроения, и для ее ускорения государство планомерно реализует следующие меры:

1. Создание научно-технического задела, предусматривающего инвестиции в фундаментальные и поисковые исследования с учетом приоритетных технологических направлений и обновление опытно-экспериментальной базы.

2. Развитие инжиниринга, базирующегося на проектировании продукции под заданную стоимость, конкурентоспособность, серийность заказов и использовании отечественной интеллектуальной собственности.

3. Развитие импортозамещения на основе освоения новых производств и локализации действующих.

4. Нарращивание производственных мощностей при планировании их развития с учетом обеспечения импортозамещения, долгосрочной загрузки и экономической эффективности.

5. Кадровое совершенствование, предусматривающее подготовку высококвалифицированных кадров судостроителей, привлечение и закрепление молодых кадров на производстве, оптимизацию структуры кадров.

Российское НТО судостроителей, как сказано выше, располагает исторически апробированным инструментарием для

активного содействия в решении перечисленных задач и, прежде всего, инновационного развития отрасли. Инновация, в строгом определении, – новый продукт, технология или организационное преобразование, которое реально внедрено в производство и дает экономический эффект. Научно-инженерный этап подготовки инновации является ее неотъемлемой составляющей, и с самого начала должен быть нацелен на реальное внедрение.

Светлой памяти академик Валентин Михайлович Пашин, возглавлявший наше Общество в один из самых сложных периодов пятого цикла его деятельности, в 1990-е гг. и много сделавший для сохранения как НТО, так и его традиций, на посту президента Общества руководствовался правилом: «Инновационная деятельность должна заканчиваться не исследованиями, а коммерциализацией – выходом на рынок с продукцией, имеющей потребительский спрос».

Во многом благодаря такому подходу к организации работы Российского НТО судостроителей оно в структурном, кадровом и организационном аспектах способно реально влиять на инновационное развитие отечественного судостроения.

Эта работа традиционна базируется на деятельности специализированных научно-технических секций Общества. В НТО действуют 26 научно-технических секций, которые возглавляют крупные ученые и ведущие специалисты отрасли по соответствующим научным и прикладным направлениям. Нужно отметить, что по мере развития науки и техники деятельность научно-технических секций Общества структурно совершенствуется. Так, за последние годы количество секций возросло с 20 до 26, а в составе отдельных секций выделились специализированные подсекции.

Специализация научно-технических секций НТО судостроителей охватывает практически все важнейшие научные направления кораблестроения, технологии строительства судов, отраслевой экономики, организации и управления производства. Работа секций осуществляется планомерно и включает, как правило, ежеквартальные заседания. На них обсуждаются научные, инженерные и организационные решения проблем по специализации секции, осуществляется обмен опытом, рассмотрение научных достижений членов секций, особенно молодых ученых и специалистов.

Важно отметить, что работа научно-технических секций последовательно приобретает новое качество. «Академичность» деятельности секций все чаще сменяется решением практических задач, что становится важной составляющей процессов инновационного развития судостроительной отрасли.

Регламент нашего Пленума не позво-

ляет подробно рассмотреть работу всех научно-технических секций Общества. В достаточной мере можно получить представление об этом из материалов книги, подготовленной Правлением НТО к сегодняшней торжественной дате.

Со своей стороны хочу от всей души поблагодарить ученых, инженеров, организаторов производства, активистов судостроительной общности, объединенных в научно-технических секциях Общества, за служение делу развития отечественного судостроения и ограничусь отдельными примерами их успешной работы.

Одной из важнейших проблем создания отечественного арктического флота и морской техники для освоения шельфовых месторождений углеводородов в российских высоких широтах является проблема создания новых судостроительных материалов. Решение стоящих в этой области задач требует использования последних достижений научно-технического прогресса, в частности, нанотехнологий. Судостроительная наука и практика активно развивают это направление. Соответственно, в НТО судостроителей создана специализированная научно-техническая секция «**Нанотехнологии в судостроении**» (руководитель – д-р техн. наук В. А. Малышевский). Члены секции – ведущие ученые и специалисты отрасли, работающие в данном научном направлении, вошли в состав названной секции.

Достижениями ученых и производственников, дополняющих практическую кооперацию взаимодействием в НТО, стало получение листовых сталей с элементами наноструктуры, которые использованы для строительства уникальных буровых платформ «Приразломная» и «Арктическая». Кроме обеспечения высоких свойств (свариваемости, хладостойкости, пластичности и т. д.) эти работы открывают возможности унификации химического состава сталей и, следовательно, снижения их стоимости. В последнее время членами секции разработаны и представлены на выставке «Международный морской салон 2015» наглядные экспонаты с реализацией нанотехнологий, в том числе экранирующие системы для электромагнитной совместимости, химические источники тока для аварийно-спасательных комплексов на море, функционально-градиентные покрытия для элементов и узлов морской техники, работающей в жестких условиях эксплуатации.

Практика эксплуатации арктических судов ставит новые задачи по повышению эффективности и безопасности их работы в высоких широтах. Стоящие задачи показывают, что создание арктических судов нового поколения представляет собой системную проблему, решение которой требует комплексного рассмотрения конструктивно-технологических, организационных,

экономических и экологических вопросов. Причем большинство этих вопросов порождаются специфическими условиями плавания во льдах.

Проводимые исследования позволяют предложить новые научные идеи и нетрадиционные решения. Так, в области обеспечения ледовой прочности и надежности корпусов транспортных судов в условиях круглогодичной навигации отечественной наукой создаются активные средства защиты корпуса судна, что обеспечивается новыми информационно-технологическими подходами к решению задач этого класса.

Под *активными средствами* в создаваемых методах понимаются интеллектуальные системы контроля в интерактивном режиме прочности корпусов в процессе эксплуатации судна. Здесь наряду с традиционными математическими методами применяются достижения искусственного интеллекта и новые принципы функционирования интеллектуальных систем в режиме реального времени. Среди них важная роль принадлежит принципам обработки информации в мультипроцессорной вычислительной среде и принципу открытости. Использование этих принципов позволяет интеллектуальной системе «понимать» сложные процессы взаимодействия судна с внешней средой, «моделировать» свои действия и «обучаться» на своем опыте.

Данная научная проблема находится в центре внимания **научно-технической подкомиссии «Интеллектуальные технологии технических систем»** (руководитель – д-р техн. наук, проф. Ю. И. Нечаев) и имело практическое развитие при строительстве танкеров ледового класса в ОАО «Адмиралтейские верфи».

Приведенные мной отдельные примеры продуктивных инноваций способствуют созданию судостроительной продукции с новыми потребительскими качествами, что выводит российское судостроение на передовые рубежи мирового арктического судостроения, обеспечивая отрасли высокую конкурентоспособность в данной нише мирового судостроения.

Примером успешных **технологических инноваций**, поддержанных потенциалом НТО судостроителей им. акад. А. Н. Крылова, является работа по подготовке к строительству отечественных газозовозов.

Актуальность создания собственного газовозного флота и сложность этой проблемы вызвали необходимость выделения из научно-технической секции «Технологии судостроения» специализированной **подкомиссии «Газозовы России»** (руководитель – Ю. Б. Рыбалченко). Задачей подкомиссии стал поиск практических решений конструкторско-технологической и материально-технической подготовки строительства газозовозов на предприятиях отечественного судостроения с максимальной локализацией производства в России.

За короткий период подкомиссия НТО стала практическим штабом координации работ многих НИИ и КБ, а также промышленных предприятий по подготовке строительства отечественных газозовозов.

На заседаниях подкомиссии рассматривалась информация о строительстве газозовозов за рубежом, конструктивных типах различных систем хранения груза и необходимым комплексе мероприятий для проектирования и строительства газозовозов в России.

Участники заседаний подробно информировались о деятельности отраслевого «Центра технологии судостроения и судоремонта» в вопросах технологической подготовки производства строительства газозовозов.

По результатам деятельности организации, представители которых входят в подкомиссию «Газозовы России», можно сделать вывод, что технические вопросы подготовки производства для строительства газозовозов в России успешно решены.

Важным направлением деятельности НТО судостроителей является содействие внедрению **организационно-управленческих инноваций** в судостроительное производство. Это направление реализует **научно-техническая секция «Управление судостроительным производством»** (руководитель – канд. техн. наук А. Е. Богданов).

Работа секции нацелена на масштабное внедрение информационных технологий в управление предприятиями судостроительной отрасли. В своей практической деятельности данная секция НТО стала значимым отраслевым экспертно-внедренческим центром, способствующим внедрению информационных технологий в следующие основные области управления:

- совершенствование проектирования, инженерной подготовки и процессов управления строительством кораблей и судов на основе применения информационных технологий;
- информационное обеспечение послепродажного обслуживания вооружений и военной техники, судов и прочей промышленной продукции;
- подготовка персонала по направлениям информационных технологий для задач проектирования кораблей и судов, подготовки производства и управления судостроительным предприятием.

Инновационная деятельность РосНТО судостроителей все в большей степени концентрируется на научно-экспертном инструментарии продвижения в практику наиболее перспективных проектов членов НТО. Выше сказано, что такой подход к развитию отечественного судостроения является традиционным для истории Российского научно-технического общества судостроителей им. акад. А. Н. Крылова.

В рамках этой стратегии перспективные инновации получают целевую поддержку действующего в составе **Общества Комитета по поиску и одобрению** (анализу и экспертной оценке) **инновацион-**

**ных проектов** (председатель Комитета – д-р техн. наук, проф. В. Н. Половинкин). Комитет создан в 2011 г. В его состав вошли 20 руководителей профильных специализированных секций Общества.

Комитетом разработаны требования к описанию инновационных проектов, а также показатели и критерии их оценки с пояснениями и рекомендациями.

Первые инновационные проекты в Комитет начали поступать уже в 2013 г. В 2014 и 2015 гг. рассмотрено 9 инновационных проектов. Одни проекты направлены авторам на доработку, другие находятся в различных стадиях их дальнейшего использования потенциальными инвесторами. Проведена подготовка этих инновационных проектов к презентации на различных конкурсах, организуемых Комитетом по промышленной политике и инновациям Правительства Санкт-Петербурга. Два проекта находятся на стадии внедрения в промышленное производство.

Заложенная еще в IV Отделе Русского Технического Общества **традиция всемерного содействия развитию кораблестроительного образования** сегодня поддерживается эффективной работой **секции «Современных технологий подготовки и переподготовки кадров»** (руководитель – канд. техн. наук, доцент Г. В. Проценко).

Данная секция организована несколько лет назад с целью внедрения в учебный процесс подготовки и переподготовки инженерных кадров судостроителей современных методов и технологий обучения. В сферу работы секции входят организация взаимодействия системы профессионального образования и работодателей, создание и развитие целевой подготовки кадров, выработка рекомендаций по разработке учебных программ для отраслевой системы образования, ориентированных на практику судостроительной индустрии и адаптированных к месту будущей работы выпускника отраслевых высших учебных заведений. Работа секции и решение задач, стоящих перед ней, осуществляется на планомерной основе, в большинстве случаев совместно с действовавшим многие годы Институтом морской техники и технологии факультета целевой контрактной подготовки Санкт-Петербургского морского технического университета.

Специалисты, входящие в состав секции, принимали непосредственное участие в разработке и реализации программы подготовки и переподготовки кадров для судостроительной промышленности Санкт-Петербурга, утвержденной Постановлением Правительства города. В активе секции – участие в создании Института морской техники и технологий на правах кафедры Санкт-Петербургского морского технического университета с первой в судостроительной промышленности базовой кафедрой на Адмиралтейских верфях. Значим вклад этой секции НТО в созда-

ние Ассоциации профильных учебных заведений различного уровня – образовательного кластера для судостроительной промышленности Санкт-Петербурга.

В работе секции важное место отводится вопросам применения информационных технологий в обучении, отработки методики гибридного обучения (сочетание очного с дистанционным), анализа федеральных государственных образовательных стандартов нескольких поколений.

**Просветительская научно-техническая деятельность Общества** среди судостроительной общественности, которая также традиционно входит в сферу **ответственности НТО**, осуществляется в различных формах. За 14 лет Российское НТО развило такие формы работы, как издание учебников для вузов, монографий, книг, посвященных истории судостроения и выдающимся деятелям отрасли.

По рекомендации Президиума Общества и при его координирующей роли научные работы ученых и специалистов публикуются в судостроительных периодических изданиях – журналах «Судостроение», «Морской вестник», «Вестник технологии судостроения» и научно-технических сборниках «Крыловского государственного научного центра», «Концерн «Электроприбор».

Важное место в данном направлении занимают памятные мероприятия, посвященные выдающимся деятелям отечественного судостроения. Например, открытие памятника академику Алексею Николаевичу Крылову на его родине в г. Чебоксары, памятные мероприятия, посвященные крупным руководителям отечественной судостроительной промышленности – министрам М. В. Егорову и Б. Е. Бутومه.

Оценивая работу Российского НТО судостроителей им. акад. А. Н. Крылова в содействии развитию отечественного судостроения, непредвзятый наблюдатель вряд ли может нас упрекнуть в забвении традиций Русского Технического Общества и уклонении от решения насущных проблем нашей отрасли.

Однако сегодня жизнь ставит новые, достаточно непростые задачи перед судостроительной промышленностью России и, соответственно, перед нашим общественным объединением. Самая актуальная из них – импортозамещение комплектующего судового оборудования.

Антироссийская санкционная политика Запада и недружественная позиция Украины достаточно серьезно коснулись отечественного судостроения. В список компаний, в отношении которых применены ограничения, входит ОАО «ОСК».

В военном кораблестроении уровень зависимости от импортных комплектующих ниже, чем в гражданском, но проблемы, тем не менее, санкции уже вызвали. Например, «Северная верфь» и Прибалтийский судостроительный завод «Янтарь» уже в начале 2015 г. были вынужде-

ны приостановить строительство корветов и фрегатов для ВМФ России. Под угрозой срыва находится строительство 17 кораблей на сумму 227 млрд. руб. Ранее ключевыми поставщиками двигателей являлись немецкие и украинские предприятия.

Для гражданского судостроения в настоящее время российская промышленность не производит многие виды судового оборудования. Стоимостные параметры закупаемого иностранного оборудования являются одним из факторов, снижающих конкурентоспособность российской продукции. Суммарная стоимость ввезенных в Россию импортных судовых комплектующих и оборудования, по экспертным оценкам, достигла 7 млрд. долл. Доля иностранных комплектующих в новых судах доходит до 80%. В результате стоимость иностранных комплектующих в цене судна может достигать 50–60%.

Федеральное государственное унитарное предприятие «Крыловский государственный научный центр» разработало Программу по импортозамещению в сферах военного и гражданского судостроения. Документ предполагает стратегию развития по замене импортной продукции на отечественные аналоги до 2020 г. В рамках реализации масштабной программы на территории России должно быть налажено производство более 600 видов узлов и агрегатов и локализована сборка 14 типов судовых комплектующих. В числе предприятий, задействованных в реализации Программы, – ОАО «Завод «Звезда», ЗАО «ТФК «Твердизельагрегат», ЗАО «УК «Брянский машиностроительный завод», ОАО «Завод «Дагдизель», ОАО «Барнаултрансмаш».

Без сомнения, Российское НТО судостроителей должно активно подключиться к решению этой важнейшей государственной задачи. Представляется целесообразным Правлению Общества внести соответствующие коррективы в действующий Тематический план, согласовав его с упомянутой Программой «Крыловского государственного научного центра», и активизировать работу в данных направлениях наших специализированных научно-технических секций. В первую очередь, секций «Судовых энергетических установок», «Судового машиностроения», «Судовой арматуры», «Технологии судостроения» и ряда других. Потребуется также укрепить связи Общества с вышеперечисленными промышленными предприятиями, при необходимости приняв их в ряды нашей организации, что успешно может решить **Комитет регионального развития нашего Общества** (руководитель – д-р техн. наук, проф., заслуженный деятель науки РФ П. А. Шауб).

Проблема импортозамещения судового комплектующего оборудования может быть частично решена посредством трансферта зарубежных технологий. Опыт такой работы в отрасли имеется, так как в

целях трансферта технологий и включения российских предприятий в международную кооперационную цепочку российские структуры предпринимают попытки вхождения в акционерный капитал иностранных судостроительных компаний, а также создания совместных предприятий. Это – и вхождение Объединенной судостроительной корпорации в совместное российско-финское судостроительное предприятие, и опыт работы по созданию судостроительного и промышленного кластера на юге Приморского края.

При реализации такого пути развития импортозамещения открываются новые возможности перед нашим **Международным Научно-техническим обществом судостроителей им. акад. А. Н. Крылова**.

В активе этой организации – фактически нашего международного представителя:

- работа с зарубежными фирмами по созданию в России и Санкт-Петербурге современных верфей и подготовка международного аналитического проекта по созданию современных газозовов для обслуживания морского шельфа;
- участие в совместных работах с Английским институтом морской техники и технологии «IMAREST» по актуальным вопросам развития судостроения;
- заявочная процедура в ЕС международного проекта «Арктическое судостроение»;
- участие в организации Международных военно-морских салонов в Санкт-Петербурге.

При правильной координации своей деятельности с экономическими субъектами российской промышленности этот опыт и имеющиеся международные связи можно эффективно использовать для решения задачи трансферта зарубежных технологий в российское судовое машиностроение.

И еще одна задача сегодня важна для дальнейшего усиления влияния нашей общественной организации на развитие российского судостроения. В уставе Русского Технического Общества в качестве основного средства достижения цели его деятельности записано: **«Ходатайство перед правительством о принятых мерах, могущих иметь полезное влияние на развитие технической промышленности России»**. Представляется, что и нашему Обществу и государственным структурам, ответственным за развитие российского судостроения, необходимо предпринять дополнительные усилия, чтобы более эффективно выполнять этот принцип взаимодействия.

В заключение хочу сердечно поздравить всех членов Российского и Международного Научно-технических обществ судостроителей им. акад. А. Н. Крылова со 150-летним юбилеем нашей организации, пожелать всем здоровья, успехов и веры в наше благородное дело на благо нашего Отечества. ■

Полуторавековой юбилей Российского НТО судостроителей им. акад. А.Н.Крылова предоставляет повод рассмотреть работу НТО на примере конкретного судостроительного предприятия как его составной части деятельности и связанные с этим некоторые существенные аспекты современного судостроения.

Продолжение начатого 150 лет назад важного дела творческого объединения судостроителей – ученых, конструкторов, технологов, судовых машиностроителей и приборостроителей, разработчиков вооружения, металловедов и многих других – в наши дни позволяет консолидировать интеллектуальный потенциал и содействовать внедрению наиболее перспективных технологий передовых судостроительных предприятий и организаций России.

Вкладом АО «Адмиралтейские верфи» в этот процесс является создание в 2014 г. в обновленном составе Совета НТО, в состав которого входят 27 человек – инженеров-конструкторов, технологов, управленцев и других работников, в целом, представляющих интересы всего предприятия. Работа Совета НТО Адмиралтейских верфей проводится по годовым планам. Принятые в 2015 г. решения Совета НТО относились к актуальным научно-техническим, производственно-технологическим, планово-экономическим, кадровым и юридическим вопросам, вопросам перспективного развития и капитального строительства. В перечень наиболее важных для предприятия тем, рассмотренных на заседаниях НТО в 2015 г., входят проект перебазирования производственных мощностей Общества, концептуальный проект «Перспективное развитие производственных мощностей АО «Адмиралтейские верфи», разработка профессиональных стандартов, направления бережливого производства, организация технологической подготовки производства на основе электронной модели изделия, пилотный проект создания системы управления полным жизненным циклом заказов и ряд других. Некоторые из перечисленных тем имеют длительные периоды реализации, их обсуждение продолжено в текущем году.

В настоящее время совместная деятельность научно-технических обществ носит главным образом характер информационного обмена. В планы работы НТО Адмиралтейских верфей входит более тесное и эффективное взаимодействие с Российским НТО судостроителей. В первую очередь, речь может идти о проведении семинаров, конференций, подготовке научных кадров.

В судостроительной проблематике Адмиралтейским верфям наиболее близки вопросы производства судов и кораб-

## ВОПРОСЫ ПРОИЗВОДСТВА СОВРЕМЕННЫХ СУДОВ И КОРАБЛЕЙ

*А.С. Бузаков, канд. техн. наук, ген. директор АО «Адмиралтейские верфи»,  
контакт. тел. (812) 315 4808*

лей. Некоторое обобщенное представление о современном состоянии этой сферы деятельности дают следующие данные:

в 2015 г. впервые за последние шесть лет количество построенных в России военных кораблей превысило количество построенных гражданских судов. По экспертным данным, стоимость построенных в России судов к стоимости построенных кораблей за 2010–2015 гг. относится как 1:4,5.

В мировом судостроении продолжается концентрация производства технически несложных судов различных классов на базе современных достижений технологии по демпинговым ценам на верфях Юго-Восточной Азии (свыше 70 % тоннажа мирового коммерческого судостроения заказано на верфях Южной Кореи, Японии и Китая).

Ведущие судостроительные предприятия России проигрывают в конкурентоспособности зарубежным компаниям по трудоемкости и срокам постройки судов, производительности труда, организации современного высокотехнологичного производства, темпам внедрения инноваций.

В отрасли эксплуатируется около 65–75% морально устаревшей и физически изношенной активной части производственных фондов. Построечные места – стапели и другие капитальные сооружения устарели и нуждаются в модернизации (см. табл.).

линии для обработки крупногабаритного листа размерами 4,2 (4,5)×6 м. Отсутствуют стапельные краны большой грузоподъемности (600, 900, 1200 т и более), что не позволяет применять методы крупноблочного и модульного строительства судов. Современных построечных мест для строительства крупнотоннажных судов дедевром более 80 тыс. т, оснащенных кранами большой грузоподъемности (900–1200 т), в России нет.

К общим проблемам судостроения можно также отнести следующие. Длительный период недостаточного финансирования отрасли, к счастью, закончился. Но порожденные им сложности еще надо преодолеть, чтобы обеспечить конкурентоспособность нашей продукции. Серьезное препятствие на этом пути заключается в высокой процентной ставке по кредитам, без которых в судостроении при полном цикле изготовления заказа в несколько лет, просто не обойтись. При этом процент по кредитам отечественными банками установлен в несколько раз выше, чем зарубежными.

Качество поставляемых на заказы оборудования и комплектующих также далеко не бесппроблемно. По существу, судостроительный завод, занимаясь практически только созданием корпуса судна и его насыщением, несет ответственность перед заказчиком за судно в целом, имея очень мало рычагов вли-

*Таблица*

*Характеристики стапельных мест и максимальные размеры судов*

Предприятие	Построечное сооружение			Максимальные размеры судна, м	
	Тип	Размеры, м		L	B
		длина	ширина		
АО «Адмиралтейские верфи»	Открытый продольный наклонный стапель «5-С»	257	35,9	250	35
	Открытый продольный наклонный стапель «5-Ю»	265	32	250	32
ООО «Балтийский завод-Судостроение»	Открытый продольный наклонный стапель «А»	350	36	330	39
	Открытый продольный наклонный стапель «В»	260	32	230	31
АО «ПО «Севмаш»	Южный стапель ц. 50	300	42,5	290	42,5
	Северный стапель ц. 50	300	38,5	290	38
АО «ЦС «Звездочка»	Эллинг № 2	232	39,2	200	25
АО «ДВЗ «Звезда»	Открытый горизонтальный стапель	192	24	220	26

Наиболее крупные российские верфи построены более 65 лет назад и не отвечают современным требованиям. Мало используется новое высокопроизводительное оборудование, в том числе

яния на своих поставщиков, особенно, если они являются монополистами.

Медленно решаемая проблема импортозамещения пока не дает судостроителям больших оснований для оптимизма.

Обеспеченность судостроения кадрами необходимых специальностей и квалификации, также обусловленный особенностями предшествующего периода, требует планомерной работы в сочетании с поиском и реализацией новых форм.

Очень кратко обозначив несколько проблемных вопросов производства в современном судостроении, можно отметить, что все они в той или иной мере входят в сферу бережливого производства, к внедрению которого нас подталкивает сама жизнь: необходимо беречь ресурсы, будь они людские, материальные или финансовые, снижая не всегда оправданные затраты и повышая конкурентоспособность продукции.

Некоторые вопросы судо- и кораблестроения и их решение целесообразно рассмотреть на конкретном примере Адмиралтейских верфей – крупного предприятия в северо-западном кластере судостроения.

В течение последних пяти лет техническая оснащенность Адмиралтейских верфей претерпела масштабные изменения. Эта работа продолжается по трем направлениям, объединенным в инвестиционную программу.

*Первое инвестиционное направление* – техническое перевооружение и реконструкция производственного комплекса Адмиралтейских верфей в рамках ФЦП-1. Основные мероприятия: техническое перевооружение стапельно-сдаточного цеха и других производств с заменой устаревшего оборудования; концентрация производства на базе стапельно-сдаточного цеха; создание трубообрабатывающего участка с обновленным оборудованием на новых площадях; строительство слесарно-корпусного цеха и зарядно-аккумуляторной станции; создание специализированных камер для очистки и окраски корпусных конструкций неатомных подводных лодок и нанесения на них специальных покрытий.

*Второе инвестиционное направление* – план технического перевооружения Адмиралтейских верфей. Реконструкция складов и площадки для хранения металла на Динабургской базе. Например, механизированная разгрузка одного вагона с помощью 20-тонного крана с магнитной траверсой производится теперь в 12 раз быстрее.

Продолжаются работы по строительству участка производства подъемных и подъемно-мачтовых устройств, модернизации комплекса очистных сооружений и систем автоматической пожарной защиты зданий.

*Третье инвестиционное направление* – приобретение оборудования и перебазирование имущества Адмиралтейских верфей с земельного участка, попадающего в зону строительства Ново-Адмиралтейского моста. Разработана

проектная документация на перебазирование производственных мощностей с Ново-Адмиралтейского острова, введено в эксплуатацию технологическое оборудование для специализированного инструментального производства и трубообрабатывающего участка.

Реформирование технологической оснащенности предприятия ведется с привлечением научно-производственного потенциала таких организаций, как Крыловский государственный научный центр, АО «ЦТСС», ЦНИИ КМ «Прометей», СПбМГТУ и других организаций. Адмиралтейские верфи традиционно взаимодействуют с научно-производственными коллективами.

На верфях совершенствуются и разрабатываются современные технологии и системы проектирования (в настоящее время строится ледокол «Илья Муромец», спроектированный собственными



*Ледокол «Илья Муромец» пр. 21180*

силами с помощью научно-производственных коллективов). Создана система мониторинга строительства подводных лодок в двух пролетах стапельно-сдаточного цеха. Разработаны и внедрены программно-аппаратный комплекс и программное обеспечение по бухгалтерской, финансовой, экономической и архивной деятельности заводских подразделений.

На верфях построены проекты сложной морской техники: танкер арктического плавания – самый крупный, который может быть построен сегодня в России; танкеры деведтой 47 и 20 тыс. т; научно-экспедиционное судно для освоения Антарктики.

Основные технологические инновации, внедренные на предприятии за последнее время:

- автоматизированные линии первичной обработки металла (лист шириной до 3,2 м) и резки профильного проката; машина плазменной резки листового металлопроката (лист 3,2×12 м);
- комплексно-механизированные линии изготовления корпусных кон-

струкций: микропанелей, плоских секций, сборки и сварки тавровых балок; трубообрабатывающее производство;

– автономная окрасочная камера для предварительной окраски секций и блоков размером до 20×24×15 м;

– модернизация наклонных стапелей (с обеспечением установки на них блоков весом до 180 т), позволяющая строить суда водоизмещением до 70 тыс. т.

Инженерный центр предприятия осуществляет проектирование судов коммерческого флота в специализированной САПР TRIBON, AVEVA с созданием электронной 3D-модели судна.

Практически вся конструкторская документация для строящихся заказов переведена в электронный архив (7800 чертежей проектной документации, 27 000 сборочных чертежей и томов эксплуатационной документации).

Для неатомной подводной лодки «Санкт-Петербург» в целях интегрированной логистической поддержки создан программный комплекс интерактивной документации.

В современных условиях конкурентоспособность отечественного судостроения невозможно обеспечить без качественной технической подготовки производства – в первую очередь, конструкторской подготовки. В равной степени необходимы: хорошо отработанный, «надежный» технический проект, адаптированная к условиям производства рабочая конструкторская документация, своевременная технологическая и организационная подготовка. На верфях функционирует интегрированная информационная система «Адмирал», которая позволяет управлять процессами подготовки производства и строительства судов и кораблей в цифровом формате. На современном уровне создана система мониторинга строительства подводных лодок в двух пролетах стапельно-сдаточного цеха.



**НАПЛ «Санкт-Петербург» № 677**

Техническое реформирование предприятия за истекшее пятилетие потребовало совершенствования организации управления производством.

На предприятии созданы новые структурные подразделения, включая:

- аппарат генерального директора, решающий различные вопросы широкого спектра, от административного и корпоративного обеспечения деятельности генерального директора до обеспечения взаимодействия с органами власти, контролирующими органами и обеспечения работы правления предприятия и Совета НТО;

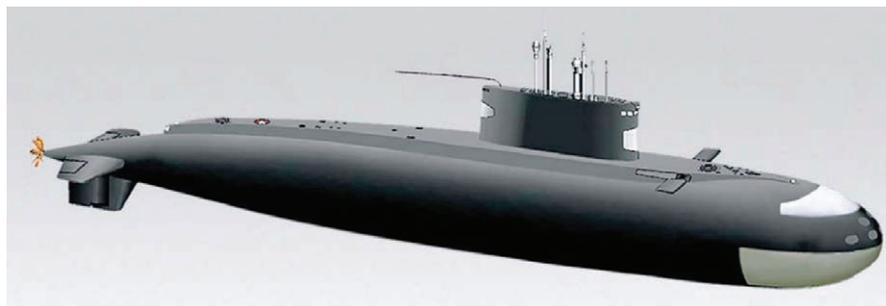
- управление обеспечения жизненного цикла кораблей и судов, решающее вопросы по госконтрактам, гарантийному и послегарантийному обслуживанию кораблей и судов, для чего созданы специальные производственно-технические базы на Северном и Черноморском флотах и планируется создание СПТБ на Тихоокеанском флоте.

Важным фактором производства является профессионализм трудового коллектива. Численность основных производственных рабочих Адмиралтейских верфей составляет 2,5 тыс. человек, более 65% из них – высококвалифицированные рабочие 4–6-го разряда. 37% рабочих основных судостроительных профессий имеют стаж работы более 10 лет. Средний возраст производственных рабочих составляет 41 год

Предприятию удалось сохранить бывшее базовое профтехучилище №25, в настоящее время перепрофилированное в Колледж судостроения и прикладных технологий, а также оказывать содействие в развитии Индустриального судостроительного лицея и Петровского колледжа. Созданы учебный центр предприятия и центр подготовки иностранных экипажей кораблей, строящихся на предприятии для поставки на экспорт.

Успешной деятельности учебного центра способствует его связь с различными предприятиями, организаци-

ями и вузами города, а также с Морским Регистром. Сегодня учебный центр предприятия имеет самые современные средства технического оснащения, позволяющие решать практически любые вопросы, связанные с подготовкой кадров для производственных нужд Адмиралтейских верфей. В 2015 г. учебный центр предприятия организовал обучение около 4000 работников предприятия, а центр подготовки иностранных специалистов за пять лет подготовил пять экипажей иностранного заказчика. Другим направлением, связанным с подготовкой кадров, является сотрудничество с Санкт-Петербургским государственным морским техническим университетом, в настоящее время решаются организационные вопросы по созданию на предприятии базовой кафедры подводного судостроения.



**НАПЛ № 636**

Реализация мероприятий по техническому перевооружению и реконструкции основного производства проводится без остановок производства с сохранением достигнутого объема выпуска продукции и с обеспечением максимальной эффективности вкладываемых средств, причем производство надводных судов и кораблей с организацией крупноблочного производства с весом блоков до 800 тонн должно подвергнуться существенной модернизации.

Производственный процесс строительства судов и кораблей ориентирован на выпуск рентабельной и конкурентоспособной продукции.

Главным итогом производственной деятельности Адмиралтейских верфей за последние годы можно считать обеспечение серийности строительства современных подводных лодок, что подтверждается одновременным успешным строительством двух серий по шесть подводных лодок в каждой. Весомый результат работы верфей, влияющий на конкурентоспособность продукции, состоит в достижении оптимального сочетания комплекса макропоказателей «цена – сроки – качество».

Предприятие имеет опыт сертификации по системе качества ISO 9000:2000, реализует мероприятия по улучшению условий труда и социальной инфраструктуры, является лауреатом премий Правительства Санкт-Петербурга (в 2014 и 2015 гг.) в области качества и за создание высокотехнологичных рабочих мест, а также победителем в конкурсе «За вклад в развитие интеллектуальной собственности» в Северо-Западном регионе (в 2014 г.).

Сдерживающим фактором увеличения производственной мощности является значительная удаленность друг от друга цехов предприятия, участвующих в постройке подводных лодок.

Стратегическая цель развития Адмиралтейских верфей как составной части судостроительного кластера Северо-Запада состоит в создании компактного высокоэффективного комплекса по строительству высокотехнологичных, наукоемких кораблей, судов, подводных лодок, подводных аппаратов, морской техники различного назначения и ши-

рокого спектра параметров и характеристик, в том числе, по водоизмещению, ледовому классу, энергетике, глубине погружения, насыщенности научными приборами и комплексами, автономности плавания.

Достижение поставленной цели Адмиралтейские верфи видят на пути поэтапного комплексного выполнения инвестиционной программы, внедрения современных судостроительных технологий, использования научно-технических инноваций, реализации инженерно-технического и технологического потенциала высококвалифицированных специалистов. ■

**22** июня 2016 г. состоялось собрание Ассоциации судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области. На нем присутствовали директор или заместители директоров 45 предприятий из 48 предприятий-членов Ассоциации, ответственный секретарь Морского Совета при правительстве Санкт-Петербурга Т. И. Чекалова, представители КП-ПиИ, председатели территориальных организаций профсоюзов С. П. Максименко и Н. С. Чалов, пресса, ТВ.

Вел собрание вице-президент Ассоциации Л. Г. Грабовец.

С докладом о состоянии и перспективах развития предприятий судового машиностроения и морского приборостроения Петербурга выступили В. С. Никитин – генеральный директор Крыловского ГНЦ и В. Г. Пешехонов – директор ЦНИИ «Электроприбор», академик РАН.

В докладе отмечалось, что развитие предприятий судового машиностроения Санкт-Петербурга планируется в рамках программы импортозамещения, разрабатываемой согласно распоряжению Правительства РФ от 03.11.2014 г. № 2195-р. В настоящее время разработан и утвержден перечень пилотных проектов указанной программы. В перечне исполнителей этих проектов отсутствуют машиностроительные и приборостроительные предприятия Петербурга. Предприятия морского приборостроения практически обеспечивают отечественными комплектующими строительство кораблей и судов ВМФ, за исключением некоторых материалов и комплектующих.

О проекте тарифного соглашения на 2017 г. доложил информацию председатель территориальной организации Петербурга и Ленинградской области – профсоюза работников судостроения и судоремонта С. П. Максименко.

Действующее региональное отраслевое соглашение упорядочило отношения работодателей с профсоюзами в части регулирования оплаты труда, режима рабочего времени, техники безопасности, развития кадрового потенциала и взаимоотношений, но его действие заканчивается в июле 2016 г., в связи с чем целесообразно подготовить аналогичное Соглашение на 2016–2019 гг.

Зам. генерального директора завода «Пелла», эксперт Ассоциации И. Л. Вайсман доложил о проведении в Полпредстве Президента РФ в Северо-Западном Федеральном округе видеоконференции по проблемным вопросам при выполнении госзаказов в соответствии с Федеральным законом № 275 и Постановлением Правительства РФ № 407.

## ИТОГИ ОЧЕРЕДНОГО СОБРАНИЯ АССОЦИАЦИИ СУДОСТРОИТЕЛЕЙ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА И ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ И СЕКЦИИ ПО СУДОСТРОЕНИЮ МОРСКОГО СОВЕТА ПРИ ПРАВИТЕЛЬСТВЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

*Ассоциация судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области, контакт. тел. (812) 786 1172*



*Слева-направо: В. Л. Александров, Л. Г. Грабовец и В. Г. Левченко*

Ответственный секретарь Морского Совета Санкт-Петербурга Т. И. Чекалова подтвердила, что праздник «День работников морского и речного флота» состоится 1 июля 2016 г. в Санкт-Петербурге.

**РЕШЕНИЯ собрания:**

1. Предложить генеральному интегратору программы ФГУП «Крыловский ГНЦ» детализировать перечень исполнителей, предусмотрев в нем в явном виде участие городских предприятий судового машиностроения и морского приборостроения.

Поддержать работы ФГУП «Крыловский ГНЦ» совместно с Правительством Санкт-Петербурга по созданию транспортно-сырьевого кластера на базе предприятий Минпромторга РФ и АО «ОСК». Привлечь к этому руководителей предприятий-членов Ассоциации.

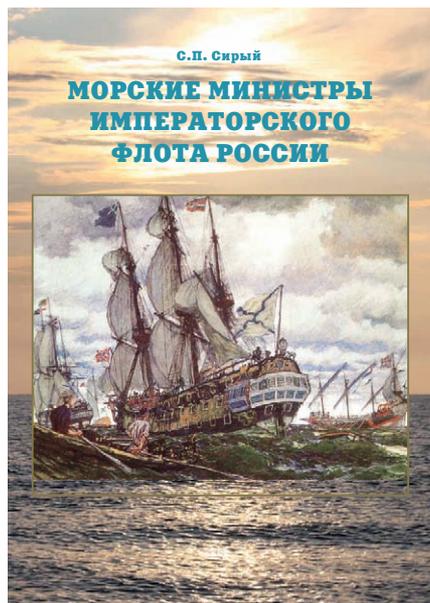
Просить руководство «ОСК» проинформировать директоров предприятий-членов Ассоциации об основных направлениях развития судостроительного комплекса Петербурга и Ленинградской области, в том числе

предприятий судового машиностроения и морского приборостроения и их загрузке. Срок – 4-й квартал 2016 г.

2. Предложить председателю территориальной организации Петербурга и Ленинградской области профсоюза работников судостроения и судоремонта С. П. Максименко сформировать рабочую группу для подготовки очередного соглашения на 2016–2019 гг.

3. Информацию И. Л. Вайсмана принять к сведению. Обязать исполнительную дирекцию срочно представить в Полпредство Президента РФ в Северо-Западном Федеральном округе ранее разработанные и направленные в Минпромторг России предложения Ассоциации по решению проблемных вопросов при выполнении госзаказов.

В заключение вице-президент Ассоциации Л. Г. Грабовец поставил на голосование кандидатуру профессора СПбГМТУ В. Л. Александрова в качестве президента Ассоциации судостроителей, за которую присутствующие проголосовали единодушно. ■



## МОРСКИЕ МИНИСТРЫ ИМПЕРАТОРСКОГО ФЛОТА РОССИИ

**Сирый С.П.** Морские министры императорского флота России.  
– СПб.: «Мор Вест», 2016, – 248 с.

Вышла в свет последняя работа кандидата технических наук, капитана 1 ранга в отставке, заслуженного работника высшей школы Российской Федерации Сергея Прокофьевича Сирого, который многие годы был председателем военно-исторической секции Дома ученых, председателем секции истории Российского флота Санкт-Петербургского Морского Собрания. В ней автор, базируясь на архивах ВМФ, представил биографии всех 18 морских министров императорского флота России, начиная с Н. С. Мордвинова и кончая И. К. Гри-

горовичем. Каждая глава представляет собой рассказ о приобретении опыта морской службы, который открывал путь к должности морского министра.

Представленные биографические очерки помогают понять традиции, сложившиеся в Морском ведомстве, системе морского управления в России XVIII – XX вв., оценить вклад каждого из морских министров в создание кораблей, в развитие организации морской службы и системы управления флотом. Книга может заинтересовать широкий круг читателей. ■

**4** мая после тяжелой болезни скончался старший преподаватель кафедры Боевого применения и эксплуатации морского подводного вооружения, кандидат технических наук, профессор, капитан 1 ранга в отставке Сергей Прокофьевич Сирый.

В июле 1958 г. он был призван в армию. В 1961 г. поступил в ВВМУ им. М. В. Фрунзе, которое окончил в 1966 г. и был направлен на Черноморский флот, где проходил службу в должностях инженера военного телевидения, минера-артиллериста и минера. В 1971 г. поступил в Военно-морскую академию им. Адмирала Флота Советского Союза Н. Г. Кузнецова, которую с отличием окончил и был оставлен в академии в должности начальника лаборатории при кафедре противолодочного и минно-торпедного вооружения. С 1976 г. – преподаватель, старший преподаватель кафедры.

В 1985 г. С. П. Сирый защитил диссертацию с присвоением ему ученой степени кандидата технических наук, в 1995 г. ему было присвоено ученое звание профессора.

С 1995 г. капитан 1 ранга С. П. Сирый вышел в запас с оставлением при кафедре в должности старшего преподавателя.

Научная деятельность профессора С. П. Сирого была направлена на совершенствование образцов подводного вооружения, повышение эффективности учебно-воспитательного процесса, на

## ПАМЯТИ ПРОФЕССОРА С.П. СИРОГО



развитие лабораторной базы академии. Он пользовался заслуженным авторитетом среди слушателей, офицеров, служащих академии, а также научно-педагогической общественности города.

С. П. Сирому присвоено звание заслуженного работника высшей школы РФ (2001 г.), с 2002 г. – историограф Санкт-Петербургского Морского Собра-

ния (СПбМС) и председатель военно-исторической секции Дома ученых РАН, а с 2006 г. возглавил секцию истории Российского флота СПбМС. Был членом научного Совета Российского государственного архива ВМФ РФ, заместителем начальника отдела Санкт-Петербургской епархии Русской Православной Церкви по связям с ВМФ РФ.

Он – соавтор учебника «Минное и противоминное оружие и его эксплуатация», а также книги «За погружением – всплытие», автор девяти учебных пособий, книги «Морские собрания России. История и современность» и монографии «Санкт-Петербургское Морское Собрание. История и современность», книги «Морские министры императорского флота России», многих статей в журнале «Морской вестник» и др.

Награжден медалями РФ и орденами и медалями СПбМС.

Светлая память о нашем товарище Сиром Сергее Прокофьевиче навсегда сохранится в наших сердцах.

Командование ВУНЦ ВМФ «ВМА» и редакция журнала «Морской вестник» выражают соболезнования семье С. П. Сирого, его родным и близким. ■

1. Автор представляет статью в электронном виде объемом до 20 000 знаков, включая рисунки. Текст набирается в редакторе MS Word под Windows, формулы – в формульном редакторе MathType. Иллюстрации, помещенные в статье, 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.

2. Статья должна содержать реферат объемом до 300 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. Статья представляется с рецензией.

3. Статьи соискателей и аспирантов принимаются к публикации на бесплатной и безгонорарной основе.

4. Контрольное рецензирование этих статей осуществляет редакционная коллегия с привлечением при необходимости профильных специалистов. Рецензии на статьи хранятся в редакции журнала в течение 5 лет.

5. В случае отказа в публикации автору высылается рецензия. Копии рецензий направляются в Минобрнауки России при поступлении соответствующего запроса в редакцию журнала.

6. Содержание журнала ежеквартально представляется на рассмотрение редакционному совету. Решение о выпуске очередного номера оформляется протоколом.

## РЕФЕРАТЫ

УДК 621.039.533.6-621.431 **Ключевые слова:**

Мировой океан, рыбопромысловые исследования, научно-исследовательское судно, проектирование, характеристики

**В.В. Шаталов, В.В. Волков. Научно-исследовательское судно для комплексных рыбохозяйственных и океанографических исследований в Мировом океане // Морской вестник. 2016. №3(59). С. 7**

О проектировании ОАО «КБ «Вымпел» научно-исследовательского судна для комплексных рыбохозяйственных и океанографических исследований в Мировом океане. Рассмотрены его основные особенности и приведены технические характеристики. Ил. 1.

УДК 681.518.001.33.001.63:629.5 **Ключевые слова:**

автоматизированное проектирование судов, программные и информационные средства, оптимизация, базы данных

**Ю.Н. Поляков. Система автоматизированного проектирования «Оптимум-1» для разработки на ранних стадиях проектов морских транспортных судов // Морской вестник. 2016. №3(59). С. 9**

Разработаны программно-информационные средства системы концептуально-исследовательского проектирования судов «Оптимум-1», позволяющей определять оптимальные характеристики и элементы судов, состав систем морского транспорта, выполнять расчетные исследования для ранних стадий проектирования, включая использование 3D геометрических моделей судов. Ил. 2. Библиогр. 13 назв.

УДК 681.32:629.12.001.572:51 **Ключевые слова:**

подводный объект, сила веса, сила поддержания, причинно-следственные связи, балласт, прием

**П.А. Шауб, В.И. Гусев, С.В. Московкина, Л.Ю. Королева, Л.Н. Шауб. Проектирование подводных объектов как сложных систем сил веса и поддержания // Морской вестник. 2016. №3(59). С. 13**

На основе материала [2], где дается вывод сопряженных уравнений весов и объемов при проектировании грузовых судов, основу которых составляет перевозимый ими груз, и, считая, что существуют объекты более чувствительные к исследованию причинно-следственных связей, авторы решили распространить некоторые ее положения на проектирование подводных лодок, обратив особое внимание на прием балласта. Ил. 2. Библиогр. 3 назв.

УДК 621.039.5 **Ключевые слова:**

корабль, остойчивость, волнение, кинематика, качка, успокоитель, бродинг, заливание, слеминг, параметрический резонанс

**И.К. Бородай, С.Г. Живица, В.Г. Платонов. Проблемы мореходности в решении задач проектирования современных кораблей. Часть 2 // Морской вестник. 2016. №3(59). С. 16**

Проанализированы основные проблемы, возникающие при обеспечении мореходности кораблей современной архитектуры, и предложены способы их решения как на стадии проектирования, так и в различных условиях эксплуатации. Т. 2. Ил. 3. Библиогр. 17 назв. Часть 1 – см. «Морской вестник», 2016. №2(58).

УДК 629.12 **Ключевые слова:**

ледокол, пропульсивный комплекс, система комплексной автоматизации, нагрузка, мониторинг

**Д.Н. Егоров, А.С. Соловьев. Комплексная автоматизация систем связи, навигации и мониторинга для ледоколов проекта IBSV01 // Морской вестник. 2016. №3(59). С. 21**

Рассмотрен опыт разработки и внедрения уникальной системы комплексной автоматизации ледоколов пр. IBSV01 на ПАО «Выборгский судостроительный завод», включающей в себя управление пропульсивным комплексом и энергетической установкой судна, мониторинг нагрузок на корпус ледокола, систем связи и навигации, которая обеспечивает комфортное управление всеми основными

элементами судна одним судоводителем. Судно пр. IBSV01 будет первым ледоколом класса Icebreaker 8, обладающим столь современной системой управления. Ил. 10. Библиогр. 3 назв.

УДК 620.192.63 **Ключевые слова:**

неразрушающий контроль, остаточный ресурс, усталость, мониторинг, магнитное поле, энергия, внутренние напряжения

**Р.А. Сахаров. Модель процесса технического диагностирования металлических конструкций пассивным экспресс-методом // Морской вестник. 2016. №3(59). С. 24**

Представлены формализованное описание процесса технического диагностирования металлических конструкций, а также сделан выбор метода и оборудования для диагностирования, которые рассматриваются как альтернативный подход к решению задач технического диагностирования металлических конструкций, предполагающий разработку системы мониторинга степени усталости металла, обладающей способностью обнаружения зарождающихся дефектов в структуре металла и возможностью последующего прогнозирования остаточного ресурса. Ил. 1. Библиогр. 13 назв.

УДК 623.7 **Ключевые слова:**

корабль, модернизация, РЛС, замена

**Т.И. Степанова. Обоснование конструкторских решений по модернизации корабля ВМФ с целью замены радиолокационной станции на современный аналог // Морской вестник. 2016. №3(59). С. 26**

Показаны преимущества современных РЛС, рассмотрен опыт использования модификации НРЛС МР-231 на кораблях отечественной постройки. Обозначена возможность определения в ходе проектно-конструкторской работы по модернизации корабля целесообразного размещения приборов на местах и обоснования выбора новой радиолокационной станции. Ил. 1. Библиогр. 4 назв.

УДК 629.5 **Ключевые слова:**

подводные корабли, надводные корабли, Военно-Морской флот, винтовой компрессор, компрессор высокого давления, автомобильные газонаполнительные станции, космодром, атомная электростанция, сервис, кадры, орден «Александра Невского»

**Ю.Л. Кузнецов. АО «Компрессор» – территория инноваций // Морской вестник. 2016. №3(59). С. 30**

Подробно представлены продукция АО «Компрессор», основанного в 1877 г., ее достижения, направленные на укрепление обороноспособности и повышение престижа России. Сегодня практически нет ни одного надводного и подводного корабля, на котором не были бы установлены компрессоры и системы подготовки воздуха производства АО «Компрессор». Объединение изготавливает продукцию и для космической отрасли. Ил. 5.

УДК 519.718.2:629.5 **Ключевые слова:**

корабельная ядерная энергетическая установка, проектирование, программный комплекс «САИУ НБЖ», надежность, безопасность, живучесть

**Е.Н. Разуваев, П.В. Холодных. О применении методов структурного анализа при обосновании надежности, безопасности и живучести корабельных ЯЭУ // Морской вестник. 2016. №3(59). С. 35**

О разработке программного комплекса (ПК) «Структурный анализ и управление надежностью, безопасностью и живучестью» в СПбПУ им. Петра Великого и апробация метода, реализующего данный ПК, при выработке и обосновании решений по структуре корабельной ядерной энергетической установке (КЯЭУ). Применение этого ПК позволит обосновать и конкретизировать требования к КЯЭУ как структурно-сложного автоматизированного технического комплекса. Ил. 1. Библиогр. 4 назв.

УДК 621.03 **Ключевые слова:**

Мировой океан, очистка, импортзамещение, новое оборудование, сточные воды, льяльные воды

**И.С. Суховинский, В.Ю. Макаров, П.Ю. Петров, А.Ф. Солдатенко. Оборудование для предотвращения загрязнения Мирового океана // Морской вестник. 2016. №3(59). С. 39**

Описаны способы сохранения чистоты вод Мирового океана, новое оборудование по очистке, разработанное в рамках программы импортзамещения. Приведены результаты испытаний оборудования. Т. 2. Ил. 2.

УДК 656 **Ключевые слова:**

навесной корпус, параметрическая модель, интеллектуальный язык, трудозатраты

**А.И. Сванидзе. Параметрическое моделирование типовых корпусов с помощью интеллектуального языка программирования iLogic // Морской вестник. 2016. №3(59). С. 43**

Приведена параметрическая модель навесного КН производства АО «Новая Эра», полученная с помощью такого инструмента, как iLogic. Показана целесообразность использования этого инструмента при изменении требований заказчика, что позволяет уменьшить трудозатраты конструктора в 30 раз. Ил. 6.

УДК 681.32 **Ключевые слова:**

авторулевой, физически реализуемая исполнительная траектория, η 2s-сплайн, метод согласованного управления, метод попятного синтеза, макрокоманды маневрирования

**В.В. Ханьчев, Г.М. Довгоброд, Д.А. Коновалов. Принципиально новый класс авторулевых для надводных судов // Морской вестник. 2016. №3(59). С. 45**

Рассмотрен принципиально новый класс авторулевых, позволяющий повысить точность движения судна по заданной траектории за счет использования физически реализуемых исполнительных траекторий и нелинейных моделей движения объектов управления. Ил. 4. Библиогр. 9 назв.

УДК 621.396.967 **Ключевые слова:**

корабль, амплитуда, длительность, эхо-сигнал, флюктуации, плотность распределения, матрица, алгебраическое дополнение, алгоритм моделирования, марковская модель

**Ю.Ф. Подоплёткин, В.И. Исаков, Д.А. Шепета. Марковская модель флюктуаций амплитуд и длительностей эхо-сигналов крупных надводных объектов // Морской вестник. 2016. №3. С. 49**

Синтезирован алгоритм моделирования флюктуаций радиолокационного эхо-сигнала крупных надводных морских объектов, наблюдаемых бортовыми локаторами летательных аппаратов в дальней зоне наблюдения. Алгоритм основан на многомерном совместном логарифмически-нормальном законе распределения амплитуд и длительностей эхо-сигнала, что позволяет учитывать специфические особенности подобного флюктуаций сигнала – логарифмически-нормальный закон распределения амплитуд и длительностей отражённых импульсов, а также корреляционные функции амплитуд, длительностей и взаимную корреляционную функцию амплитуд и длительностей. Библиогр. 4 назв.

УДК 681.518 **Ключевые слова:**

автоматизация управления, БИУС, виртуальная среда, ИСБУ, КСУТС, гипервизор, «требувание-М», операционная система, сервер

**М.Н. Грачев, А.Н. Зайцев. Направления развития и перспективная архитектура интегрированной системы боевого управления надводного корабля // Морской вестник. 2016. №3(59). С. 53**

На основании опыта разработки БИУС надводных кораблей в АО «НПФ «Меридиан», анализа подобных систем других производителей (по материалам открытой печати), тенденций развития информационных технологий представлена перспективная архитектура интегрированной системы боевого управления (ИСБУ). Существующая сетевая архитектура БИУС сравнивается с перспективной, основанной на глубокой виртуализации вычислительных ресурсов. Приведены положительные качества новой архитектуры, такие как сокращение приборного состава, числа операционных систем, снижение энергопотребления и др. Ил. 3. Библиогр. 5 назв.

- УДК 629.12:681.518.2 **Ключевые слова:** морской подвижной объект, измерение осадки судна, структурные схемы систем, определение отказов датчиков, фильтрация сигналов системы контроля и управления
- В.М. Амбросовский, Д.С. Васильев. Система измерения осадки морских подвижных объектов // Морской вестник. 2016. №3(59). С. 57**
- Рассмотрены задачи разработки систем измерения осадки морских подвижных объектов, т.е. измерения крена, дифферента и осадки этих объектов. Обозначены особенности этих задач применительно к определению осадки таких морских подвижных объектов, как водоизмещающие суда, скоростные суда (суда на подводных крыльях и экранопланы) и специальные суда (плавдоки и плавкраны). Проанализированы состав таких систем, их особенности и структурные схемы. Приведен алгоритм определения отказов датчиков информации этих систем и результаты моделирования алгоритмов фильтрации сигналов датчиков. Приведены экранные формы панелей контроля и управления, используемые в системах измерения осадки. Ил. 10. Библиогр. 5 назв.
- УДК 629.12.001.2 **Ключевые слова:** навигационная безопасность, навигационные риски, обобщенная модель, смещение центра масс, ширина маневренной полосы движения, комплексный статистический анализ, имитационное моделирование
- С.Н. Некрасов, В.Ю. Бажмутов, В.Б. Шариков, П.А. Гапонок. Идентификация обобщенных моделей навигационных рисков судовождения в сложных навигационных условиях // Морской вестник. 2016. №3(59). С. 61**
- О безопасности проводки судов в сложных навигационных условиях (СНУ). Дана оценка влияния гидрометеорологических факторов на безопасность судовождения, синтезирована обобщенная модель навигационных рисков судовождения в СНУ. Т. 2. Ил. 2. Библиогр. 7 назв.
- УДК 614.843 **Ключевые слова:** устойчивый тренд изменения параметров; временной ряд; прогноз состояния объекта; методы прогнозирования; диагностические показатели; спектральная плотность мощности функции; главные сингулярные компоненты
- В.А. Колесник, А.В. Марковский, М.В. Марковский. Прогнозирование временных рядов технико-экономических показателей контролируемого судового объекта в сингулярном базисе // Морской вестник. 2016. №3(59). С. 64**
- Рассмотрена задача определения состояния судовых технических средств и прогнозирования развития ситуации по результатам анализа текущих измерений параметров функционирования. Решается вопрос: появился ли устойчивый тренд изменения параметров в направлении предельно допустимых значений, когда произойдет этот факт, отражающий аварийную ситуацию. Проанализированы методы прогнозирования. Предложены методы сингулярного анализа для построения прогноза на основе анализа диагностических показателей и составления из них комбинированного прогноза с оценением весовых коэффициентов, с которыми эти компоненты входят в исходный ряд. Ил. 4.
- УДК 681.03 **Ключевые слова:** надежность, технические системы, оператор, отказы, ошибки, динамические свойства, человек – техника, функция своевременности
- М.Ю. Храмов. Вооружение и техника. Надежность технических систем с оператором // Морской вестник. 2016. №3(59). С. 66**
- Выполнен анализ свойств следующих систем: с отказами техники и некомпенсируемыми ошибками оператора, с компенсацией последствий отказов техники и ошибок операторов. Рассмотрены динамические свойства системы с оператором. Ил. 1. Библиогр. 3 назв.
- УДК 629.5.06-52 **Ключевые слова:** корабль, технические средства, системы управления, бортовой тренажер, учебно-тренировочные режимы, рабочее место оператора, рабочее место руководителя обучения, принципы, структура, модели, база данных, программное обеспечение, интерфейс, видеокадры, обучение, оценка
- В.Ю. Волков, В.В. Грек, К.Ю. Шиллов. Бортовой тренажер КСУ ТС типа «Фауна» кораблей Зеленодольского ПКБ. Часть 2 // Морской вестник. 2016. №3(59). С. 69**
- Проанализированы принципы организации подготовки операторов в корабельных условиях, структура и состав бортового тренажера, дано описание рабочих мест операторов и руководителя обучения, приведены структура программного обеспечения, объем информации и содержание моделей, обеспечивающих формирование у личного состава практических навыков и умений по использованию корабельных технических средств. Ил. 2. Библиогр. 3 назв. Часть 1 – см. «Морской вестник», 2016, №2(58).
- УДК 629.12.011.1.001.33 **Ключевые слова:** прочность корпуса судна, расчет, местная прочность, суда смешанного плавания, суда внутреннего плавания, конструкция судов
- Г.В. Егоров, О.Г. Егорова. Расчет местной прочности корпусов судов внутреннего и смешанного плавания с учетом фактических износов // Морской вестник. 2016. №3(59). С. 71**
- Предложена методика проверочных расчетов фактической местной прочности конструкции корпусов судов внутреннего и смешанного плавания, включая задачи определения расчетных нагрузок и допускаемых напряжений, соответствующих требованиям классификационного общества. Т. 2. Библиогр. 7 назв.
- УДК 627.77 **Ключевые слова:** федеральная система поиска и спасания, поисково-спасательная техника, технологии, аварийно-спасательная служба спасательное судно, тенденции, аварийно-спасательные работы, мобильные модули, стандартизация, унификация, сертификация
- В.Н. Илюхин. Особенности, тенденции и основные направления современного развития средств и технологий поисково-спасательного обеспечения морской деятельности. Часть 2 // Морской вестник. №3(59). С. 75**
- Сделан вывод о необходимости принятия комплекса мер по проведению единой государственной технической политики строительства и модернизации спасательных судов, следует также выделить приоритетные направления развития поисково-спасательной техники, усовершенствовать систему технического регулирования, обеспечить должную стандартизацию и унификацию сил и средств поиска и спасания на море. Т. 1. Ил. 3. Библиогр. 10 назв. Часть 1 – см. «Морской вестник», 2016, №2(58).
- УДК 004.056.52 **Ключевые слова:** криоинговая компания, персональные данные, информационная система персональных данных
- С.С. Соколов, С.С. Малов, С.Н. Шиманчук, В.Д. Гаскаров. Комплексный подход к построению защищенной информационной системы персональных данных криоинговой компании // Морской вестник. 2016. №3(59). С. 79**
- Рассмотрена юридическая и организационная структуры криоинговой организации, описана логическая структура информационной сети, производится анализ федерального закона РФ №152-ФЗ, Постановления Правительства РФ №1119 и приказа ФСТЭК России №21 с целью построения защищенной информационной системы персональных данных. Т. 4. Ил. 4. Библиогр. 10 назв.
- УДК 061.2 **Ключевые слова:** самоподъемные буровые установки, полупогружные установки, повреждения, аварии, причины, ликвидация
- Р.Н. Караев. Оценка аварийности морских нефтегазовых сооружений. Часть 1 // Морской вестник. 2016. №3(59). С. 85**
- Подробно рассмотрены виды повреждений морских нефтегазовых сооружений, типичные причины их возникновения и способы ликвидации аварий, вызванные этими причинами. Ил. 15.
- УДК 629.5.33 **Ключевые слова:** Мьянма, высокоскоростной водный транспорт, перспективные линии, тип судна
- А.В. Пустошный, Вунна Мое. Перспективы развития высокоскоростного водного транспорта Мьянмы // Морской вестник. 2016. №3(59). С. 92**
- С использованием опыта исследований, проведенных в России, рассмотрены перспективы создания высокоскоростного водного транспорта в развивающейся стране Индокитая Мьянме. Выявлены перспективные линии, исследованы климатические и навигационные ограничения для высокоскоростных судов, выбраны наиболее перспективные типы судов и проведен экономический анализ по критерию себестоимости перевозки одного пассажира для определения типоразмеров судов, наиболее эффективных при перевозках на выбранных линиях. Результаты исследований могут представлять интерес для российских судостроителей. Т. 4. Ил. 8. Библиогр. 8 назв.
- УДК 551.46.077:529.584 **Ключевые слова:** автономные обитаемые морские аппараты, океанская возобновляемая энергия, волновые глайдеры, теория «машущего крыла», математическое моделирование
- К.В. Рождественский. Оценка тяги и скорости волнового глайдера на основе упрощенной математической модели // Морской вестник. 2016. №3(59). С. 95**
- На основе упрощенной математической модели приведена оценка тяги и скорости волнового глайдера (ВГ), включающего надводный модуль («плотик») и подводный модуль в виде крылового профиля. Уравнение вынужденных колебаний ВГ решается с учетом взаимодействия верхнего и нижнего модулей, соединенных жестким «кабель-тросом». Вынуждающее воздействие прогрессивных волн заданной длины и амплитуды определяется путем вычисления изменения архимедовой силы, т.е. согласно гипотезе Фруда-Крылова. Фигурирующие в уравнении вертикальных поступательных колебаний ВГ производные переменной во времени подъемной силы по кинематическим параметрам, а также коэффициенты мгновенной и осредненной по периоду силы тяги находятся с привлечением теории колебаний тонкого профиля. Определение в результате решения уравнения колебаний аппарата на морском волнении располагаемой тяги и приближенный расчет сопротивления ВГ с учетом волновой и вязкостной составляющих, позволяют найти скорость движения ВГ по его геометрии и заданным параметрам волнения. Т.1. Ил. 3. Библиогр. 8 назв.
- УДК 629.5 **Ключевые слова:** корабль ПВО и ПЛО, проектирование, характеристики
- В.Е. Юнин. «Полющие фрегаты» // Морской вестник. 2016. №3(59). С. 99**
- О проектировании и постройке сторожевых кораблей противозушной и противолодочной обороны пр. 61. Приведены технические характеристики этих кораблей. Особое внимание уделено конструкторам и инженерам, участвовавшим в их проектировании и модернизации. Т.3. Ил. 8. Библиогр. 2 назв.
- УДК 629.5 **Ключевые слова:** ЦКБ «Алмаз», катер, пограничный сторожевой корабль «Тарантул», проектирование, постройка
- Д.Ю. Литинский. Пограничный сторожевой корабль «Тарантул». Часть 2 // Морской вестник. 2016. №3(59). С. 105**
- Продолжает знакомить с историей проектирования пограничного сторожевого корабля пр. 205П «Тарантул». Особое внимание уделено процессу внесения изменений в проект по требованиям заказчика. Ил. 5. Часть 1- см. «Морской вестник», 2016, №2(58).
- УДК 629.5 **Ключевые слова:** НТО, основание, судостроение, развитие
- В.В. Козырь. Научно-техническому обществу судостроителей 150 лет // Морской вестник. 2016. №3(59). С. 110**
- Доклад на торжественном Пленуме Центрального Правления НТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова, посвященного 150-летию со дня зарождения Общества. Подробно изложены история появления этой общественной организации, деятельность отдела кораблестроения. Особое внимание уделено вкладу ученых, вошедших в его состав и тех, кто возглавлял НТО в разные периоды развития страны.
- УДК 629.5 **Ключевые слова:** судостроение, НТО судостроителей, 150-летие, зарождение, развитие, актив организации
- В.Л. Александров. Российское и Международное НТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова в развитии отечественного судостроения // Морской вестник. 2016. №3(59). С. 117**
- Доклад на торжественном Пленуме Центрального Правления НТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова, посвященного 150-летию со дня образования этого Общества. Сделана попытка осмыслить его полуторавековой путь, проследить траекторию развития отечественного судостроения, которому способствовали работа НТО, его секций. Обозначены первоственные задачи, стоящие перед судостроительной отраслью сегодня.
- УДК 629.12 **Ключевые слова:** судостроение, вопросы производства, инвестиционная программа, техническое перевооружение, реконструкция, технологии, кадровое обеспечение, научно-техническое общество
- А.С. Бузаков. Вопросы производства современных судов и кораблей // Морской вестник. 2016. №3(59). С. 122**
- Кратко охарактеризованы тенденции мирового судостроения, проанализированы основные особенности современного отечественного производства кораблей и судов. Ряд вопросов развития судостроения рассмотрен на примере технического перевооружения и реконструкции акционерного общества «Адмиралтейские верфи», сформулирована стратегическая цель его развития. Представлена работа Научно-технического общества АО «Адмиралтейские верфи». Т. 1. Ил. 3.

1. Authors shall submit articles of up to 20,000 characters, including figures, in electronic form. The text shall be typed in MS Word under Windows, formulas – in the equation editor "MathType." Illustrations present in the article shall be submitted additionally, in the following formats: TIFF CMYK (full color), TIFF GRAYSCALE (grayscale), TIFF BITMAP (dashed), EPS, JPEG, with resolution of 300 dpi for grayscale figures and 600 dpi for dashed ones and in sizes desired for placement.

2. Articles shall contain an abstract of up to 300 characters, keywords, and bibliographic library UDC identifier. Authors shall indicate their degree, academic status, place of employment, job position, and telephone number, as well as provide a written permission of the Editor to place articles on the Internet and in the Scientific Electronic Library after publication in the journal. Articles shall be submitted with reviews.

3. The articles of postgraduate and degree-seeking students shall be accepted for publication on a free and royalty-free basis.

4. The control review of these articles shall be performed by the editorial board, with the assistance of dedicated experts, if necessary. Reviews of articles are stored in editorial office of the magazine within 5 years.

5. In case of refusal to publish articles, reviews shall be sent to authors. Copies of reviews go to the Ministry of Education and Science of the Russian Federation at receipt of the corresponding inquiry in editorial office of the magazine.

6. The contents of the journal shall be submitted to the editorial board quarterly. The decision concerning the next issue of the journal shall be formally established with the protocol.

SUMMARIES

UDC 621.039.533.6-621.431 **Keywords:** Global Ocean, fisheries research, research vessel, design, characteristics

**V.V. Shatalov, V.V. Volkov. Research vessel for complex fishery and oceanographic research in the Global Ocean // Morskoy Vestnik. 2016. №3(59). P. 7**

Describes the design of the research vessel for complex fishery and oceanographic research in the Global Ocean by JSC KB «Vympel». Its basic features are considered and all technical characteristics are given. Pic.1.

UDC 681.518.001.33.001.63:629.5 **Keywords:** computer-aided ship designing, software information tools, optimization, data bases

**Yu.N. Polyakov. Computer-aided design system «Optimum-1» for development of the marine transport vessels early in the projects // Morskoy Vestnik. 2016. №3(59). P. 9**

Software information tools of the conceptual design system «Optimum-1» which allows defining optimum characteristics and elements of the vessels, marine transport system make-up, conducting calculations early in the projects, including the use of 3D geometrical models of the vessels, were developed. Pic.2. Ref. 13 titles.

UDC 681.32:629.12.001.572:51 **Keywords:** underwater object, weight force, buoyancy force, causal relationships, ballast, intake

**P.A. Shaub, V.I. Gusev, S.V. Moskovkina, L.Yu. Koroleva, L.N. Shaub. Design of underwater objects as complex systems of weight and buoyancy forces // Morskoy Vestnik. 2016. №3(59). P. 13**

Based on the material [2] where derivation of adjoined equations of weights and volumes during the design of cargo ships based on carried cargo and considering that there are objects more sensitive for causal relationships study, the authors decided to expand some of its provisions on submarine design taking a note of ballast intake. Pic. 2. Ref. 3 titles.

UDC 621.039.5 **Keywords:** ship, stability, oscillation, kinematics, oscillatory motions, subduer, broaching, flooding, slamming, parametric (half-integral) resonance

**I.K. Boroday, S.G. Zhivitsa, V.G. Platonov. Seakeeping performance and issues, concerning designing of modern vessels. Part 2 // Morskoy Vestnik. 2016. №3(59). P. 16**

This article embraces key problems, starting from designing of modern-built vessels to seakeeping activities; several solutions of the problems that may emerge in designing and operating are suggested. T. 2. Pic. 3. Ref. 17 titles. Part 1 – see Morskoy Vestnik, 2016, №2(58).

UDC 629.12 **Keywords:** ice-breaker, propulsion unit, full automation system, load, monitoring

**D.N. Yegorov, A.S. Solov'yov. Full automation of communication, navigation and monitoring systems for IBSV01 project // Morskoy Vestnik. 2016. №3(59). P. 21**

Practice of development and implementation of the unique full automation system for ice-breakers for project IBSV01 at PJSC «Vyborg Shipyard», including propulsion unit and machinery plant control, ice-breaker body load monitoring, communication and navigation systems, ensuring easy control of all the basic vessel elements by single ship driver was considered. Project IBSV01 vessel will be the first ice-breaker of Icebreaker 8 class with such a modern control system. Pic. 10. Ref. 3 titles.

UDC 620.192.63 **Keywords:** non-destructive inspection, re-

sidual operation time, fatigue, monitoring, magnetic field, energy, internal stresses

**R.A. Sakharov. Model of technical diagnosis process for passive express method technical diagnosis of metal structures // Morskoy Vestnik. 2016. №3(59). P. 24**

Formalized description of metal structures technical diagnosis process is presented; and diagnostic method and equipment considered as an alternative approach to the solution of metal structures technical diagnosis problems assuming development of metal fatigue capacity monitoring system capable of detecting incipient defects in the metal structure and further residual operation time prognosis, were chosen. Pic.1. Ref. 13 titles.

UDC 623.7 **Keywords:** ship, modernization, radar, replacement

**T.I. Stepanova. Justification of the design solutions for Navy ship modernization to replace the radar with its modern analogue // Morskoy Vestnik. 2016. №3(59). P. 26**

Advantages of modern radars are demonstrated, practical use of the modified MR-231 navigation radar on the home-produced ships was considered. The possibility of determination of the feasible installation of devices on sites and justification of new radar station selection during design engineering for ship modernization are given. Pic. 1. Ref. 4 titles.

UDC 629.5 **Keywords:** submarine ships, surface ships, the Naval Fleet, screw compressor, high pressure compressor, NGV refuelling stations, spaceport, nuclear power plant, service, human resources, Order of Alexander Nevsky

**Yu.L. Kuznetsov. JSC «Compressor» – innovation territory // Morskoy Vestnik. 2016. №3(59). P. 30**

Products of JSC «Compressor» founded in 1877, its achievements aimed to strengthen the defence capability and prestige of the Russian Federation are detailed. Today, there is virtually no submarine or surface ship without compressors and air preparation systems manufactured by JSC «Compressor». The association also manufactures the products for aerospace industry. Pic.5.

UDC 519.718.2:629.5 **Keywords:** naval nuclear power unit, design, software package «SAIU NBZh», reliability, safety, durability

**Ye.N. Razuvaev, P.V. Kholodnykh. On the question of application of structural analysis methods during rationalization of naval nuclear power units // Morskoy Vestnik. 2016. №3(59). P. 35**

The paper is about development of the software package «Structural Analysis and Control of Reliability, Safety and Durability» in Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University and approbation of the method implementing this software package during development and rationalization of solutions regarding the structure of the naval nuclear power unit (NNPU). The use of this software package will allow rationalizing and detailing of the requirements for the NNPU as a structural-complicated automated technical complex. Pic.1. Ref. 4 titles.

UDC 621.03 **Keywords:** Global Ocean, treatment, import substitution, new equipment, waste water, bilge water

**I.S. Sukhovinsky, V.Yu. Makarov, P.Yu. Petrov, A.F. Soldatenko. Equipment for preventing the Global Ocean pollution // Morskoy Vestnik. 2016. №3(59). P. 39**

Methods of maintaining the Global Ocean purity, new treatment equipment developed within the import substitution program are described. Equipment test results are given. T. 2. Pic. 2.

UDC 656 **Keywords:** hinged body, parametric model, intelligent language, man-hours

**A.I. Svanidze. Parametric modelling of the standard bodies by means of intelligent programming language iLogic // Morskoy Vestnik. 2016. №3(59). P. 43**

Parametric model of the hinged KN manufactured by JSC «NE» obtained by means of such tool as iLogic is given. Practicability of such tool usage in case of changes in the customer's requirements, allowing reducing the designer's man-hours by 30 times, is demonstrated. Pic.6.

UDC 681.32 **Keywords:** autopilot, physically realizable control trajectory, η2s-spline, coordinated control method, retrograde synthesis method, manoeuvring macro commands

**V.V. Khanychev, G.M. Dovgobrod, D.A. Kononov. Brand new class of autopilots for surface ships // Morskoy Vestnik. 2016. №3(59). P. 45**

A brand new class of autopilots allowing increasing the precision in the ship movement in predetermined trajectory due to the use of the physically realizable control trajectories and non-linear control object movement model. Pic.4. Ref. 9 titles.

UDC 621.396.967 **Keywords:** ship, amplitude, length, echo, fluctuations, density function, matrix, cofactor, modelling algorithm, Markovian model

**Yu.F. Podoplyokin, V.I. Isakov, D.A. Shepeta. The Markovian model of large surface object echo amplitudes and lengths // Morskoy Vestnik. 2016. №3. P.49**

The algorithm of radar echo fluctuation modelling for the large surface marine objects observed by on-board radars of the airborne vehicles in the long-range observation area is generated. The algorithm is based on the multivariate log-normal law of distribution of the echo amplitudes and lengths which allows taking into consideration specific features of such signal fluctuations – log-normal law of distribution of the echo signal amplitudes and lengths, as well as correlation functions of amplitudes, lengths and cross-correlation function of amplitudes and lengths. Ref. 4 titles.

UDC 681.518 **Keywords:** control automation, action information system, virtual environment, integrated tactical control system, complex hardware control system, hypervisor, «Trebovanie-M», operating system, server

**M.N. Grachev, A.N. Zaytsev. Development directions and advanced architecture of the surface ship integrated tactical control system // Morskoy Vestnik. 2016. №3(59). P. 53**

Based on the experience of surface ship action information system development in JSC SPF «Meridian», analysis of similar systems from other manufacturers (according to public media), IT development tendencies, the advanced architecture of the integrated tactical control system (ITCS) was presented. Existing network architecture of the action information system is compared to the advanced architecture based on the deep virtualization of the computational resources. Advantages of the new architecture, such as decreasing the number of equipment, operating systems, energy usage reduction etc., are given. Pic.3. Ref 5 titles.

UDC 629.12:681.518.2 **Keywords:** marine mobile object, vessel draft measurement, system architectures, sensor fault definition, monitoring and control system signal filtration

**V.M. Ambrosovsky, D.S. Vasilyev. Marine mobile object draft measurement system // Morskoy Vestnik. 2016. №3(59). P. 57**

Tasks of the marine mobile object draft measurement system development, i.e. measurement of trim, different and draft

of such objects, were considered. Peculiarities of these tasks regarding the fit of such marine mobile objects as displacement ships, high-speed ships (hydrofoil ships and WIG vehicles) and special vessels (floating docks and floating cranes) were specified. Composition of such systems, their peculiarities and architectures were analysed. Algorithm of such systems' information sensor fault definition and sensor signal filtration algorithm modelling were given. Screen monitoring and control panels used in the fit measurement systems were given. Pic.10. Ref. 5 titles.

UDC 629.12.001.2 **Keywords:** navigational safety, navigational risks, generalized model, displacement of the center of mass, manoeuvring lane width, complex statistical analysis, simulation modelling

**S.N. Nekrasov, V.Yu. Bakhmutov, V.B. Sharikov, P.A. Gaponyuk. Identification of the generalized models of marine navigation in rough navigating conditions // Morskoy Vestnik. 2016. №3(59). P. 61**

On the safety of pilotage in rough navigating conditions (RNC). Influence of hydrometeorological factors on the marine navigation safety was assessed; generalized model of marine navigation risks in RNC was generated. T.2. Pic.2. Ref. 7 titles.

UDC 614.843 **Keywords:** long-term trend of parameter variations; time series; object state forecast; forecasting methods; diagnostic indexes; power spectral density function; major singular components.

**V.A. Kolesnik, A.V. Markovsky, M.V. Markovsky. Forecasting of time series of technical and economic indexes of the controlled ship object in the singular basis // Morskoy Vestnik. 2016. №3(59). P. 64**

The problem of determining the state of marine technical equipment and forecasting the development of the situation according to the results of the analysis of the current operation parameter measurements was considered. The following issue is addressed: is there a long-term trend of parameter variations in the direction of maximum permissible values; when the fact reflecting an emergency situation will arise. Forecasting methods were analysed. The methods of singular analysis for forecasting based on the analysis of diagnostic indexes and preparation of the combined forecast with estimation of weight numbers in the original series with these components. Pic.4.

UDC 681.03 **Keywords:** reliability, engineering systems, operator, failures, errors, dynamic properties, human – machine, timeliness function

**M.Yu. Khramov. Weapons and equipment. Reliability of operator-controlled engineering systems // Morskoy Vestnik. 2016. №3(59). P. 66**

Analysis of the following systems' properties was performed: with machine failures and non-correctable human errors, with correction of machine failure and operator error consequences. Dynamic properties of operator-controlled system were considered. Pic. 1. Ref. 3 titles.

UDC 629.5.06-52 **Keywords:** vessel, facilities and equipment, control and operating systems, shipboard simulator, training mods, operating position, training supervisor's position, guidelines, structure, models, data base, software, interface, video snapshots, training, evaluation

**V.Yu. Volkov, B.V. Grek, K.Yu. Shilov. «Fauna» type shipboard simulator IMAS (integrated marine automation system) by Zelenodolsk Design Bureau. Part 2 // Morskoy Vestnik. 2016. №3(59). P. 69**

The guidelines for organization and training of operators in the nautical conditions are analyzed, as well as the structure, principles of the simulator's application, positions of operators and training supervisors, software's core, extent of the data base and maintenance of models, responsible for improvement of the personnel's skills in operating all kinds of facilities and equipment. Pic.2. Ref. 3 titles. Part 1 – see Morskoy Vestnik, 2016, №2(58).

UDC 629.12.011.1.001.33 **Keywords:** hull structural strength, calculation, local strength, mixed navigation vessels, inland navigation vessels, vessel structure

**G.V. Yegorov, O.G. Yegorova. Calculation of inland and mixed navigation vessel hull structural strength taking into consideration virtual wear and tear // Morskoy Vestnik. 2016. №3(59). P. 71**

Procedure for checking calculation of virtual local hull structural strength of inland and mixed navigation vessels, including the tasks of determination of design loads and allowable stresses in compliance with the requirements of the classification society, was proposed. T.2. Ref. 7 titles.

UDC 627.77 **Keywords:** federal search and rescue system, search and rescue equipment, technologies, search and rescue service, search and rescue vessel, tendencies, rescue works, shelters, standardization, unification, certification

**V.N. Ilyukhin. Features and basic trends for development of modern rescue equipment and activity, conducted in maritime conditions. Part 2 // Morskoy Vestnik. 2016. №3(59). P. 75**

The conclusion was made that it is necessary to take actions in order to adopt a unified state technical policy for construction and modernization of search and rescue vessels; it is also necessary to specify the search and rescue equipment priority growth area, to enhance the technical regulation system, to ensure adequate standardization and unification of workforce and means of maritime search and rescue. T.1. Pic. 3. Ref. 10 titles. Part 1 – see Morskoy Vestnik, 2016, №2(58).

UDC 004.056.52 **Keywords:** crewing company, personal data, personal data information system

**S.S. Sokolov, S.S. Malov, S.N. Shimanchuk, V.D. Gaskarov. Integrated approach to development of a trusted crewing company personal data information system // Morskoy Vestnik. 2016. №3(59). P. 79**

Legal and organizational structure of the crewing company was considered; logical architecture of the informational network was described; the RF Federal Law № 152-FZ, the FR Government Decree №1119 and the Order of FSTEC of Russia №21 are analysed in order to develop a trusted personal data information system. T.4. Pic. 4. Ref. 10 titles.

UDC 061.2 **Keywords:** jack-up drilling rigs, semi-submersible rigs, damages, emergencies, causes, management

**R.N. Karaev. Measuring the accident rate of marine oil and gas facilities. Part 1 // Morskoy Vestnik. 2016. №3(59). P. 85**

Types of damages of marine oil and gas facilities and typical reasons of their occurrence and means of emergency management are considered in details. Pic. 15.

UDC 629.5.33 **Keywords:** Myanmar, high-speed water transport, potential lines, class of ship

**A.V. Pustoshny, Vunna Moe. Future development of Myanmar high-speed water transport // Morskoy Vestnik. 2016. №3(59). P. 92**

Using the first effort of research conducted in Russia, possibilities of development of high-speed water transport in the developing country of Indo-China, Myanmar. Potential lines were defined, climatic and navigational limitations for high-speed vessels were studied, the most potentially productive classes of ships were selected and economic analysis using the criteria of one passenger carriage cost was conducted in order to determine the standard sizes of vessels that are the most efficient in carriages on selected lines. The results of research may be of interest for Russian ship builders. T.4. Pic. 8. Bibliogr. 8 titles.

UDC 551.46.077-529.584 **Keywords:** autonomous unmanned marine vehicles, wave gliders, ocean renewable energy, flapping wing propulsion, mathematical modeling

**K.V. Rozhdestvensky. Estimation of thrust and speed of a wave glider based on a simplified mathematical model // Morskoy Vestnik. 2016. №3(59). P. 95**

Presented in this paper on the basis of a simplified mathematical model is an estimation of thrust and speed of

a wave glider (WG), comprising a surface module («rafts») and underwater module represented by a wing. The equation of forced oscillations of the WG has been solved with account of the interaction of the upper and lower modules, connected by a rigid kumbilical». The exciting impact of progressive waves of given length and amplitude is found by calculation of variation of buoyancy force in accordance with Froude-Krylov hypothesis. The derivatives of time-varying lift with respect to kinematic parameters, entering the equation of vertical motion of the WG, as well as coefficients of instantaneous and time-averaged thrust force, are found with help of thin oscillating hydrofoil theory. Derivation of available thrust and approximate calculation of drag of the vehicle with account of wave and viscous components enable determination of the speed of the WG for prescribed geometry of the craft and wave motion parameters. T.1. Pic. 3. Bibliogr. 8 titles.

UDC 629.5 **Keywords:** air defence ship and antisubmarine ship, design, characteristics

**V.Ye. Yukhnin. «Singing Frigates» // Morskoy Vestnik. 2016. №3(59). P. 99**

The paper is about design and construction of air defence and antisubmarine ships pr. 61. Technical characteristics of such ships are given. Special attention is given to designers and engineers participating in their design and modernization. T.3. Pic. 8. Bibliogr. 2 titles.

UDC 629.5 **Keywords:** Central Designing Bureau «Almaz», motorboat, border guard ship «Tarantub», engineering, construction

**D.Yu. Litinsky. Border guard ship «Tarantub». Part 2 // Morskoy Vestnik. 2016. №3(59). P. 105**

The history of «Tarantub» border guard ship pr. 205P continued with particular focus on the process of amending the project as per customer's requirements. Pic. 5. Part 1 – see Morskoy Vestnik, 2016, №2(58).

UDC 629.5 **Keywords:** Scientific-Technical Society (STS), foundation, shipbuilding, development

**V.V. Kozyr. 150th anniversary of the Scientific and Technical Society of Shipbuilders // Morskoy Vestnik. 2016. №3(59). P. 110**

Presentation on the ceremonial Plenary Meeting of the Central Management of the Scientific and Technical Society of Shipbuilders named after acad. A.N. Krylov, dedicated to the 150th anniversary of the Society. The history of this public organization and activities the shipbuilding department are detailed. Special attention is given of the contribution of its scientists and leaders in different periods of country's development.

UDC 629.5 **Keywords:** shipbuilding, Scientific-Technical Society of Shipbuilders, 150th anniversary, development, active members

**V.L. Aleksandrov. Russian and International Scientific and Technical Society of Shipbuilders named after acad. A.N. Krylov role in development of domestic shipbuilding // Morskoy Vestnik. 2016. №3(59). P. 117**

Presentation on the ceremonial Plenary Meeting of the Central Management of the Scientific and Technical Society of Shipbuilders named after acad. A.N. Krylov, dedicated to the 150th anniversary of the Society. The attempt was made to describe its 150-year history, trace the development pathway of domestic shipbuilding facilitated by STS and its sections. Current priority tasks of shipbuilding industry were described.

UDC 629.12 **Keywords:** shipbuilding, production issues, investment program, retrofitting and upgrading, reconstruction, technologies, staffing, scientific and technical society

**A.S. Buzakov. Issues of modern ship and vessel building // Morskoy Vestnik. 2016. №3(59). P. 122**

Tendencies of global shipbuilding were characterised, basic features of modern domestic ship and vessel building were analysed. A number of shipbuilding development issues were considered by the example of retrofitting and upgrading of JS «Admiralty Shipyards», the strategic aim of its development was specified. The work of the Scientific and Technical Society of JC «Admiralty Shipyards» was presented. T.1. Pic. 3.