

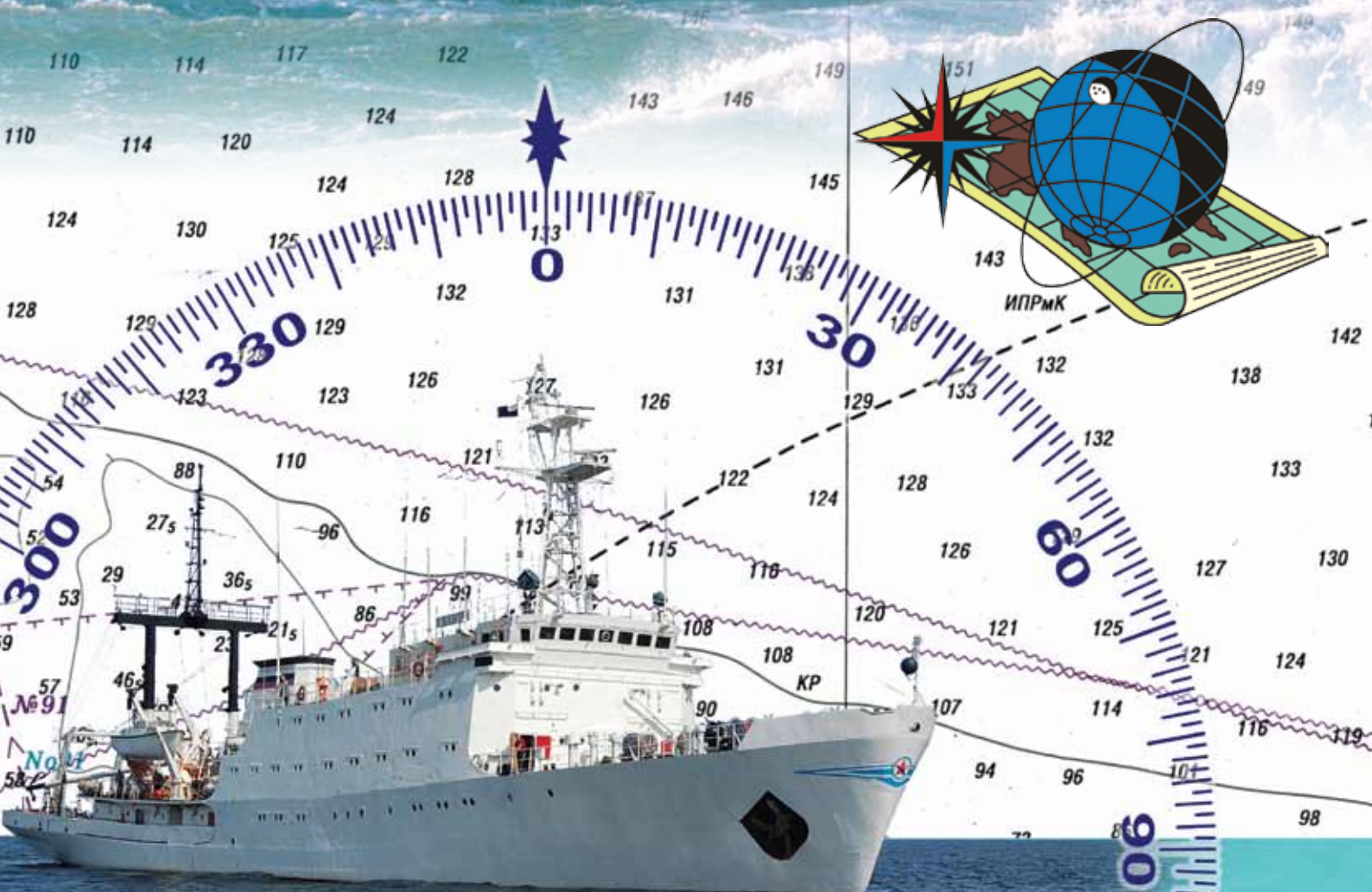
# Морской

# Вестник



**№2(50)**  
**И Ю Н Ь**  
**2 0 1 4**  
ISSN 1812-3694

*Morskoy Vestnik*



## 75 лет

**ОАО «Государственный научно-исследовательский  
навигационно-гидрографический институт»**

[www.gningi.ru](http://www.gningi.ru)

Россия обладает самой протяженной морской арктической границей в мире, и Арктика является районом ее национальных интересов. Проведение долгосрочной политики в данном регионе невозможно без развития арктического флота, в том числе и флота научно-исследовательских судов. К задачам относится разведка полезных ископаемых, изучение строения земной коры и установление границ континентального шельфа, развитие Северного морского пути, исследования в интересах обороны страны и т. д. Стоит отметить, что в настоящее время научно-исследовательских судов, способных самостоятельно (без поддержки ледокола) выполнять исследования в Арктике, у России нет, в то же время Китай, США и Канада уже перешли к стадиям технического проектирования и постройки научно-исследовательских ледоколов нового поколения.

Малая изученность региона диктует потребность в проведении систематических комплексных геофизических и гидрологических исследований на обширных акваториях. С этой целью целесообразно создание надводных научно-исследовательских судов, которые могли бы выполнять работы как на открытой воде с использованием традиционного современного высокопроизводительного оборудования, так и в ледовых условиях с применением новых перспективных технологий и оборудования.

Наиболее востребованными методами исследований структуры донных пород и поиска месторождений углеводородов, которые могут быть проведены с научно-исследовательского ледокола, являются исследования:

- сейсмические;
- гравиметрические;
- магнитометрические;
- а также инженерно-буровые работы.

Опыт немногочисленных сейсморазведочных экспедиций в арктических районах при участии научно-исследовательских судов с сейсморазведочным оборудованием и ледоколов показал уязвимость оборудования при работе в ледовых условиях и необходимость разработки новых методов и технических средств для проведения данных работ.

Для инженерно-геологических изысканий получают распространение буровые установки донного базирования в комплексе с телеуправляемым необитаемым подводным аппаратом (ТНПА), которые управляются и получают питание с научно-исследовательского судна при использовании кабель-троса. Опыта использования таких средств накоплено пока мало. Оборудование для магнитометрических исследований может применяться существующее, и оно легко адаптируется для применения в ледовых условиях.

## НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЛЕДОКОЛ ДЛЯ КОМПЛЕКСНЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

*С. Л. Пиликин, гл. конструктор,  
А. И. Домрачев, вед. специалист, ОАО «КБ «Вымпел»,  
П. И. Коротин, руководитель центра гидроакустики,  
С. М. Шаманин, гл. инженер центра гидроакустики,  
Институт прикладной физики РАН,  
контакт. тел. +7 (831) 439 6729, +7 (831) 416 0673*

Основные требования к научно-исследовательскому ледоколу для комплексных геофизических исследований формулируются в следующем виде:

– на открытой воде ледокол должен обеспечивать применение традиционного научно-исследовательского оборудования, например, при буксировке его за кормой судна и обеспечивать спуск и управление оборудованием на кабель-тросах;

– в ледовых условиях ледокол должен обеспечивать буксировку и управление оборудованием таким образом, чтобы избежать воздействия на него ледяных полей и обломков битого льда при спуске оборудования и позиционировании судна.

Принципиальная стандартная схема комплекса оборудования для сейсморазведочных работ на открытой воде показана на рис. 1.



Рис. 2. Вид на днище ледокола

Таким образом, становится возможным использование забортного оборудования, в том числе и сейсмокос, при самостоятельном движении судна в ледовых условиях (без прокладывания канала ледоколом-лидером). Защитность днищевых шахт от обломков льда позволяет использовать ТНПА и буровые установки донного базирования в режиме позиционирования судна и снижает опасность повреждения кабель-тросов льдом.

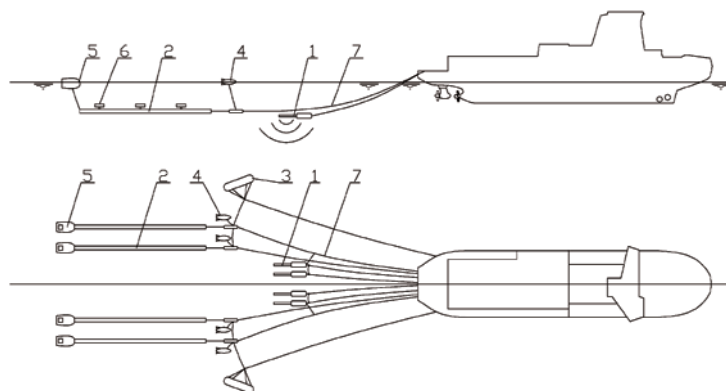


Рис. 1. Принципиальная схема сейсморазведочных работ на открытой воде  
1 – пневматический сейсмоисточник; 2 – активная часть сейсмокосы; 3 – параван; 4 – головной поплавок косы; 5 – концевой поплавок косы; 6 – активные регуляторы глубины погружения сейсмокосы; 7 – кабель-трос

При значительном разнесении сейсмокос в группе проводится трехмерная сейсмосьемка (технология 3D). При наличии ледового покрова или полей битого льда использование данной технологии невозможно. Принципиальное решение может заключаться в спуске оборудования под днище судна через днищевые шахты и на выдвижных устройствах и его заглублении ниже зоны прохождения обломков битого льда. Ограничить распространение обломков льда под днищем ледокола можно за счет применения обводов корпуса с «коробчатым килем» (рис. 2).

Для работы в ледовых условиях при необходимости размещения источников под днищем судна на выдвижных устройствах возможности применения источников пневматического типа резко сокращаются, поэтому следует разработать источники зондирования дна, работающие на других физических принципах.

В настоящее время ведутся разработки альтернативного подхода к построению систем сейсмоакустической разведки морского дна на основе использования когерентных сложных зондирующих сигналов с частотой от 50 Герц и до нескольких сотен Герц. Успешный опыт разработки и испы-

# Морской Вестник



Morskoy Vestnik

№2(50)

И Ю Н Ъ

2 0 1 4

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

## Редакционный совет

### Председатель

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

### Сопредседатели:

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

### Члены совета:

**А.А. Арутюнян**, директор ЗАО «ЦНИИ СМ»  
**С.О. Барышников**, ректор ФГБОУ ВПО  
«ГУМРФ им. адмирала С.О. Макарова»  
**А.С. Бузаков**, генеральный директор  
ОАО «Адмиралтейские верфи»  
**Н.М. Вихров**, генеральный директор  
ЗАО «Канонерский судоремонтный завод»  
**Л.Г. Грабовец**, генеральный директор ОАО «СФ "Алмаз"»  
**Г.В. Егоров**, генеральный директор  
ЗАО «Морское инженерное бюро СПб»  
**А.Ф.Зеньков**, генеральный директор ОАО «ГНИНГИ»  
**М.А.Иванов**, генеральный директор  
ОАО «Системы управления и приборы»  
**В.Н. Илюхин**, председатель НО «АРПСТТ»  
**Л.М. Клячко**, генеральный директор ОАО «ЦНИИ "Курс"»  
**С.Р. Комаров**, председатель Совета директоров ЗАО «МНС»  
**Е.В. Комраков**, генеральный директор  
ЗАО «ОСК. Транзас»  
**Э.А. Конов**, директор ООО «Издательство "Мор Вест"»  
**А.А. Копанев**, генеральный директор  
ОАО «НПФ "Меридиан"»  
**Г.А. Коржавин**, генеральный директор  
ОАО «Концерн "Гранит-Электрон"»  
**А.В. Кузнецов**, генеральный директор ОАО «Армалит-1»  
**Л.Г. Кузнецов**, генеральный директор  
ОАО «Компрессор»  
**Г.Н. Муру**, генеральный директор ОАО «51 ЦКТИС»  
**Н.В. Орлов**, председатель  
Санкт-Петербургского Морского собрания  
**С.Н. Седов**, генеральный директор ФАУ «Российский  
морской регистр судоходства»  
**В.А. Солонько**, председатель Совета директоров  
ЗАО «НПО "Севзапспецавтоматика"»  
**В.И. Спиридопуло**, генеральный директор  
ОАО «Северное ПКБ»  
**И.С. Суховинский**, директор ООО «ВИНЕТА»  
**В.С. Татарский**, генеральный директор ОАО «ЭРА»  
**А.Н. Тихомиров**, генеральный директор  
ЗАО «Транстех Нева Экспибизнс»  
**Р.А. Урусов**, генеральный директор  
ОАО «Новая ЭРА»  
**А.В. Ушаков**, генеральный директор  
ОАО «СЗ "Северная верфь"»  
**С.Г. Филимонов**, генеральный директор  
ЗАО «Концерн "МорФлот"»  
**В.В. Шаталов**, генеральный директор  
ОАО «КБ "Вымпел"»  
**К.Ю. Шилов**, генеральный директор  
ОАО «Концерн "НПО "Аврора"»  
**А.В. Шляхтенко**, генеральный директор –  
генеральный конструктор ОАО «ЦМКБ "Алмаз"»  
**И.В. Щербаков**, генеральный директор  
ООО «ПКБ "Петробалт"»

## СОДЕРЖАНИЕ

### СУДОСТРОЕНИЕ И СУДОРЕМОНТ

- С. Л. Пиликин, А. И. Домрачев, П. И. Коротин, С. М. Шаманин.** Научно-исследовательский ледокол для комплексных геофизических исследований ..... 1
- Г. В. Егоров.** Перевозки отечественным водным транспортом, состояние речного флота и возможности нового судостроения, в том числе для сибирских рек ..... 7
- С. И. Васильева.** Ставка флота – на «Адмиралтейские верфи»! ..... 17
- Г. В. Герман, В. А. Rogozin, Г. А. Емельченков.** Прогноз трудоемкости строительства конкурентоспособных судов с учетом условий производства .... 18
- И. В. Щербаков, Г. В. Тарица, И. Р. Багнюк.** Организация проектирования и оценка качества современного проекта судна ..... 19
- Спуск на воду серийного ПСКР проекта 22460** ..... 23
- Д. Ю. Литинский.** Противолодочные «Молнии» ..... 25
- Г. Н. Муру.** К 60-летию создания системы военного судоремонта ..... 29

### ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И СУДОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

- В. Е. Лоскутов, А. А. Арутюнян.** Принципы определения нагрузок на ручных органах управления ..... 31
- А. С. Петрушенко, О. В. Епифанов, А. Г. Микеров.** Судовая арматура. Облик перспективного электропривода запорно-регулирующей арматуры корабля ..... 35
- А. Г. Даниловский, А. А. Иванченко, Мью Чжо Ту.** Сравнительный анализ тепловых схем вспомогательных котельных установок на танкере ..... 43
- Е. И. Короткая, В. И. Сутырин.** Методика моделирования и расчетно-экспериментального исследования эффективности виброизоляции судовых механизмов и оборудования ..... 45
- В. В. Рыбалко, Ю. А. Ключенко.** Анализ показателей безотказности судовых газотурбинных энергетических установок ..... 51
- Г. С. Ясаков, Д. Б. Яковлев.** Состояние и перспективы развития кораблей и судов с едиными электроэнергетическими системами на высоком напряжении ..... 52
- А. В. Шварева.** Перспективы применения в теплообменных аппаратах плоских профилированных труб ..... 55
- К. Б. Каравашкин.** «Cathelco» – поставщик современного оборудования для российских судов ..... 58

### РАДИОЭЛЕКТРОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

- В. М. Амбросовский, Ю. В. Баглюк, А. С. Слипченко, С. П. Хабаров.** Интегрированные системы управления техническими средствами корабля ..... 63
- А. М. Тихоненко, А. В. Лагун.** Система совместного применения оружия надводных кораблей: вчера, сегодня, завтра ..... 67
- С. А. Бахарев, Л. М. Клячко, В. К. Смирнов, А. В. Торгунаков.** К вопросу совершенствования работы параметрических приемных антенн локационного типа ..... 70
- М. В. Сергеев.** Современный подход к разработке электронной эксплуатационной документации для систем автоматизации корабельных технических средств ..... 75
- В. О. Рыбинский.** Оптимизация цифровой системы управления с запаздыванием для подводного аппарата по критерию минимума оценки мгновенной дисперсии ..... 80



## НАВИГАЦИЯ И ГИДРОГРАФИЯ

- А. Ф. Зеньков, С. В. Решетняк, Н. Н. Неронов.** Геополитические изменения в Арктике и проблемы навигационно-гидрографического обеспечения Северного морского пути ..... 84

## МОРСКАЯ ТЕХНИКА: НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ

- А. А. Александров, А. А. Дергачев, В. В. Морозов.** Оценка промаха приведения беспилотного летательного аппарата к захватному устройству движущегося судна ..... 89
- Ю. Г. Варакосов, В. Н. Илюхин.** О создании коллективных спасательных средств для эвакуации экипажа и персонала судов и морских инженерных сооружений в арктических условиях ..... 91
- А. Г. Филимонов.** Вручение диплома почетного доктора Ш.Г. Алиеву ..... 93
- М. С. Бойко.** Деятельность Научно-технического совета «Российского морского регистра судоходства» ..... 95
- Главный инженер РС удостоен премии Правительства РФ ..... 97
- П. А. Шауб, Л. Н. Шауб.** Дополнительные соображения по статье «Информационная поддержка командного состава подводной лодки при борьбе за надводную непотопляемость» ..... 98
- Со Чжо Ту, В. Ю. Семенова.** Расчет ускорений, возникающих при поперечной качке судна на мелководье с учетом нелинейных сил второго порядка ..... 99
- Со Мое Аунг, В. Ю. Семенова.** Определение сил волнового дрейфа при продольной качке судна в канале ограниченной глубины ..... 102

## БИЗНЕС И ПРАВО

- А. Г. Ляховицкий, Левин Мин Кхант.** Пассажирские перевозки водным транспортом в Союзе Мьянма ..... 105
- М. С. Акопов, Е. В. Хекерт.** Организация системы управления судоходной компании при прохождении инспекций Химического института дистрибуции ..... 107
- А. А. Чертков, Д. А. Загрединов, Ю. Б. Михайлов.** Оптимизация разовых выплат по кредитам при обновлении флота ..... 109

## ИСТОРИЯ СУДОСТРОЕНИЯ И ФЛОТА

- В. Е. Юхнин.** Эскадренный миноносец проекта 956 «Сарыч» ..... 115
- Ю. А. Филимонова.** Морская символика парка «Версаль» ..... 121
- С. М. Вилков, Д. А. Жирмунский.** От «приемника» кораблей до профессора корабельной архитектуры. К 120-летию со дня рождения А.Э. Цукшверта ..... 123
- И. О. Ивановский.** Космическая флотилия «Северной верфи» ..... 125

## В МОРСКОМ СОБРАНИИ

- С. П. Сирый.** Отчетно-выборная конференция Санкт-Петербургского Морского собрания ..... 127

## НА КНИЖНОЙ ПОЛКЕ

- Возрождение серии книг «Легендарные корабли» ..... 129
- О некоторых аспектах книги Г. А. Гребенщиковой «Черноморский флот в период правления Екатерины II» ..... 129

### Главный редактор

**Э.А. Конов**, канд. техн. наук  
Тел./факс: (812) 6004586  
Факс: (812) 5711545  
E-mail: morvest@gmail.com  
www.morvest.ru

### Редакционная коллегия

**Ю.В. Баглюк**, канд. техн. наук, ст. науч. сотр.  
**В.Н. Глебов**, канд. эконом. наук  
**Е.А. Горин**, д-р эконом. наук  
**Е.В. Игошин**, канд. техн. наук  
**Б.П. Ионов**, д-р техн. наук, проф.  
**Ю.Н.Кормилицин**, д-р техн. наук, проф.  
**А.И. Короткин**, д-р техн. наук, проф.  
**С.И. Логачёв**, д-р техн. наук, проф.  
**П.И. Малеев**, д-р техн. наук  
**Ю.И.Нечаев**, д-р техн. наук, проф.  
**В.С. Никитин**, д-р техн. наук, проф.  
**В.Г. Никифоров**, д-р техн. наук, проф.  
**Ю.Ф.Подоплёкин**, д-р техн. наук, проф., акад. РАН  
**В.Н. Половинкин**, д-р техн. наук, проф.  
**Л.А. Промыслов**, канд. техн. наук  
**Ю.Д.Прякин**, д-р истор. наук, проф.  
**А.В. Пустошный**, чл.-корр. РАН  
**А.А. Родионов**, д-р техн. наук, проф.  
**К.В. Рождественский**, д-р техн. наук, проф.  
**А.А. Русецкий**, д-р техн. наук, проф.  
**В.И. Черненко**, д-р техн. наук, проф.  
**Н.П. Шаманов**, д-р техн. наук, проф.  
**Б.А. Царёв**, д-р техн. наук, проф.

### Редакция

Тел./факс: (812) 6004586  
E-mail: morvest@gmail.com

### Редактор

**Т.И. Ильичёва**  
Дизайн, верстка  
**С.А. Кириллов, 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.  
<http://vak.ed.gov.ru>

### Подписка на журнал «Морской вестник»

(индекс 36093) может быть оформлена по каталогу  
Агентства «Роспечать» или непосредственно  
в редакции журнала через издательство «Мор Вест».

### Отпечатано в типографии «Премиум-пресс».

Тираж 1000 экз. Заказ № 814.

Ответственность за содержание информационных и  
рекламных материалов, а также за использование  
сведений, не подлежащих публикации в открытой  
печати, несут авторы и рекламодатели. Перепечатка  
допускается только с разрешения редакции.

# Морской Вестник



Morskoy Vestnik

№2(50)  
June  
2014

SCIENTIFIC, ENGINEERING, INFORMATION AND ANALYTIC MAGAZINE

## Editorial Council

### Chairmen

**S.N. Forafonov**, Vice-President  
JSC United Shipbuilding Corporation

### Co-chairmen:

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

**K.P. Borisenko**, Professor SPbSMTU

### Council Members:

**A.A. Arutyunian**, Director JSC CRISM

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

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

JSC Admiralty Shipyards

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

JSC Marine Engineering Bureau SPb

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

JSC Concern Mor Flot

**L.G. Grabovets**, General Director JSC SF Almaz

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

JSC Control Systems and Instruments

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

**L.M. Klyachko**, General Director

JSC ZNII KURS

**S.R. Komarov**, Chairman

of the Board of Directors JSC MNS

**E.V. Komrakov**, General Director

JSC USC, Transas

**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 Armatit-1

**L.G. Kuznetsov**, General Director JSC Compressor

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

**N.V. Orlov**, Chairman

St. Petersburg Marine Assembly

**S.N. Sedov**, General Director FAI Russian Maritime

Register of Shipping

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

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

JSC DB «Vympel»

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

JSC Concern SPA Aurora

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

General Designer JSC ZMKB Almaz

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

JSC SPA Sevzapspezavtomatika

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

JSC Severnoye Design Bureau

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

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

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

JSC Transtech Neva Exhibitions

**R.A. Urusov**, General Director JSC New ERA

**A.V. Ushakov**, General Director

JSC SP Severnaya Verf

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

JSC Kanonersky Shiprepairing Yard

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

## CONTENTS

### SHIPBUILDING AND SHIP-REPAIRING

- S. L. Pilikin, A. I. Domrachev, P. I. Korotin, S. M. Shamanin.**  
*Scientific and Research Icebreaker for complex geophysical researches* ..... 1
- G. V. Egorov.** *Domestic waterage, the state of the river craft and the abilities of a new shipbuilding, including the one for Siberian rivers* ..... 7
- S. I. Vasilieva.** *Stake of the fleet – on «Admiralty shipyards»!* ..... 17
- G. V. German, V. A. Rogozin, G. A. Emelchenkov.** *The forecast of labour content of new competitive ships building depending on conditions* ..... 18
- I. V. Scherbakov, G. V. Taritsa, I. R. Bagnyuk.** *Organization of design and quality evaluation of modern ship project* ..... 19
- Launch of the series-produced Border Guard Cruiser (BGC) of the project 22460* .... 23
- D. Yu. Litinsky.** *Anti-submarine «Molnii» («Flashes»)* ..... 25
- G. N. Muru.** *In commemoration of 60<sup>th</sup> anniversary of war shiprepairing creation* ..... 29

### PROPULSION MACHINERY AND SHIP EQUIPMENT

- V. E. Loskutov, A. A. Arutyunyan.** *The principles of determining the loads on manual controls* ..... 31
- A. S. Petrushenko, O. V. Epifanov, A. G. Mikerov.** *Ship fittings. The layout of advanced electric drive valves* ..... 35
- A. G. Danilovskiy, A. A. Ivanchenko, Myo Chjo Tu.**  
*Comparative analysis of thermal schemes of auxiliary boiler plants on a tanker* ..... 43
- E. I. Korotkaya, V. I. Sutyryn.** *Methods of simulation and calculation-experimental research of efficiency of vibration insulation of ship machinery and equipment* ..... 45
- V. V. Rybalko, Yu. A. Klochenko.** *The analysis of reliability parameters of ship gas-turbine power plants* ..... 51
- G.S. Yasakov, D. B. Yakovlev.** *Situation and prospects of development of ships and vessels with the unified power systems of high voltage* ..... 52
- A. V. Shvareva.** *Prospects for flat and profiled pipes use in heat exchangers* ..... 55
- K. B. Karavashkin.** *«Cathelco» – the supplier of modern equipment for the Russian vessels* ..... 58

### RADIO-ELECTRONIC EQUIPMENT AND CONTROL SYSTEMS

- V. M. Abrosovsy, Yu. V. Baglyuk, A. S. Slipchenko, S. P. Khabarov.**  
*Integrated control system of technical means* ..... 63
- A. M. Tikhonenko, A. V. Lagoon.** *The system of joint use of surface combatants weapon: yesterday, today, tomorrow* ..... 67
- S. A. Bakharev, L. M. Klyachko, V. K. Smirnov, A. V. Torgunakov.**  
*On the issue of improving work of parametric receiving antennas location type* ..... 70
- M. V. Sergeev.** *The modern approach to the development of electronic operational documentation for the automation systems of ship equipment* ..... 75
- V. O. Rybinsky.** *Optimization of digital control systems with delay for undersea vehicle by the criterion of minimum assessment of instant dispersion* ..... 80



## NAVIGATION AND HYDROGRAPHY

**A. F. Zen'kov, S. V. Reshetnyak, N. N. Neronov.** Geopolitical changes in the Arctic and problems of navigation and hydrographic support of the Northern Sea Route ..... 84

## SEA EQUIPMENT: SCIENCE AND TECHNOLOGIES

- A. A. Aleksandrov, A. A. Dergachev, V. V. Morozov.** Evaluation of misputting an unmanned aerial vehicle to the gripping device of moving ship ..... 89
- Yu. G. Varakosov, V. N. Ilyukhin.** On the issue of design of collective life-saving appliances for evacuation of the crew and staff of vessels and offshore engineering structures in Arctic conditions ..... 91
- A. G. Filimonov.** Presenting Sh. G. Aliyev with the diploma of the Doctor Honoris Causa ..... 93
- M. S. Boiko.** The activities of the Scientific and Technical Council of «Russian Maritime Register of Shipping» ..... 95
- Chief engineer of the RS has been awarded the RF Government prize ..... 97
- P. A. Schaub, L. N. Schaub.** Additional considerations on «Information support of commanding officers of a submarine in the struggle for surface floodability» ..... 98
- So Chjo Tu, V. Yu. Semenova.** The calculation of the accelerations occurring during cross rolling of the ship in shallow waters with non-linear forces of the second order ..... 99
- So Moe Aung, V. Yu. Semenova.** Determination of the wave drift forces for longitudinal rolling of the ship in the channel of limited depth ..... 102

## BUSINESS AND LAW

- A. G. Lyakhovitsky, Lvin Min Khant.** Passenger water transportation in the Union of Myanma ..... 105
- M. S. Akopov, E. V. Heckert.** Organization of the shipping company management system at the inspections of the Chemical dDistribution Institute ..... 107
- A. A. Chertkov, D. A. Zagretdinov, Yu. B. Mikhailov.** Optimization of single payments on loans when upgrading fleet ..... 109

## HISTORY OF SHIPBUILDING AND FLEET

- V. E. Yuchnin.** Torpedo-boat destroyer of the project 956 «Buzzard» ..... 115
- Yu. A. Filimonova.** Marine symbolism of «Versailles» Park ..... 121
- S. M. Vilkov, D. A. Zhirmunsky.** From an «inspector» of ships to a Professor of naval architecture. In commemoration of 120<sup>th</sup> anniversary of A. E. Tsukshverdt ..... 123
- I. O. Ivanovsky.** The space fleet of the «Northern Shipyard» ..... 125

## IN THE MARINE ASSEMBLY

- S. P. Siryj.** Report-back election conference of St. Petersburg Marine Assembly ..... 127

## ON THE BOOKSHELF

- The renaissance of the books series «The Legendary ships» ..... 129
- On some aspects of the book by G. A. Grebenshikova «The Black Sea fleet during the reign of Catherine II» ..... 129

### Editor-in-Chief

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

### Editorial Collegium

**Yu.V. Baglyuk**, Ph. D.  
**V.I. Chernenko**, D. Sc., Prof.  
**V.N. Glebov**, Ph. D.  
**E.A. Gorin**, D. Sc.  
**E.V. Igoshin**, Ph. D.  
**B.P. Ionov**, D. Sc., Prof.  
**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.S. Nikitin**, 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  
**V.N. 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.  
**B.A. Tzarev**, 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.

http://vak.ed.gov.ru

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

**Printed** in the Printing-House "Premium-press".

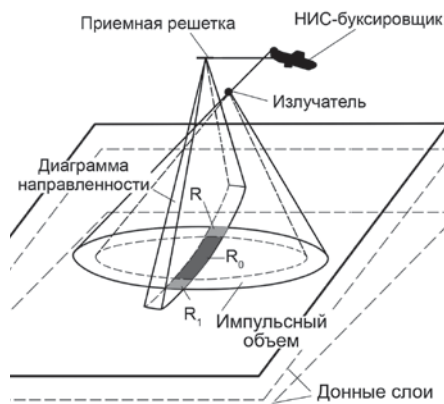
Circulation 1000. Order № 814.

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.

таний подобных источников накоплен в Институте прикладной физики РАН (ИПФ РАН) и связан с решением различных задач прикладной гидроакустики.

На рис. 3 показана схема использования одиночного гидроакустического излучателя с ненаправленным излучением. Для повышения качества эхосигналов – подавления реверберации, снижения акустической нагрузки на экипаж судна, увеличения эквивалентной мощности зондирования – предлагается использовать вертикальную цепочку излучателей, сфазированных в режиме бегущей волны, направленной в дно.



**Рис. 3. Схема эксперимента с использованием ненаправленного гидроакустического излучателя и буксируемой приемной антенны**

Стандартная аппаратура – пневматические сейсмоисточники (пневмопушки) и спаркеры, используемая в сейсмоакустической разведке – не обладает свойством когерентности излучения. Излучаемый сигнал будет отличаться от импульса к импульсу, и фазировать импульсные сигналы отдельных источников невозможно. Реально выполняется сложение по амплитуде сигналов от нескольких источников при их использовании в виде батареи. Когерентный метод предполагает использование гидроакустических источников с контролируемыми характеристиками излучения, удобнее всего применять пьезо-керамические излучатели (рис. 4). Эквивалентная мощность фазированной системы увеличивается пропорционально квадрату числа использованных в ней источников. Гидроакустические излучатели могут быть заглублены и приближены ко дну (в отличие от пневмопушек), что дополнительно увеличивает эффективность зондирования. Направленность излучения в дно подавляет реверберацию, что особенно важно для подледной работы, положительно сказывается на обеспечении санитарных норм по шумности на судне, а также обеспечивает выполнение экологических требований по воздействию на окружающую среду.



**Рис. 4. Внешний вид системы из двух гидроакустических излучателей**

Несложные оценки полезной акустической мощности пневматической пушки дают величину порядка 10...40 кДж для наиболее распространенных модификаций пневматических источников. Для этих источников работа, затраченная на сжатие газа, составляет приблизительно 500 кДж. Таким образом, при большой мощности (так как длительность импульса составляет десятку миллисекунд, то мощность достигает десятка МВт) не менее 90% энергии расходуется на «повышение температуры Мирового океана», и лишь небольшая часть передается в исследуемую среду в виде акустических волн. При этом низкочастотная часть спектра в энергии импульса, принципиальная для зондирования (до 100 Гц), которая слабо затухает в донных породах, составляет не более 10% от общей акустической энергии. В итоге КПД пневмопушки составляет не более процента. Также важно отметить, что масса пневматических источников с приведенными выше параметрами достигает одной тонны, и, кроме того, требуется массивное и энергоемкое оборудование для работы источника.

Когерентные источники акустического излучения имеют высокий КПД, составляющий не менее 60%. Разработаны конструкции с мощностью одиночного излучателя до нескольких киловатт. Преимуществом использования, кроме указанных выше, фазированных систем является управляемость диаграммы направленности, т. е. ею можно сканировать по углу, меняя в некоторых пределах ракурс облучения дна. Кроме того, при использовании сложного сигнала с широким спектром (линейно-частного модулированного или с другим типом модуляции) появляется возможность существенного увеличения пространственного разрешения за счет корреляционной обработки и сжатия эхосигнала. Иными словами, излучается импульс большой длительности, который после обработки сжимается. В итоге эквивалентная мощность излучающей антенны из нескольких гидроакустических излучателей становится сравнима с мощностью батареи пневмопушек, при более высоком качестве эхосигнала и даже превышает ее.

Апробированных в задачах сейсмоакустики образцов техники для оборудования судов в настоящее время нет, но и техническая реализация данного метода видится перспективной в ближайшее время, в частности, и для использования на ледокольных научно-исследовательских судах.

Создание более современных научно-исследовательских судов, оснащенных передовым геофизическим и другим специализированным оборудованием, открывающим новые технологии по изучению шельфовой зоны Мирового океана, будет способствовать введению в эксплуатацию арктических месторождений, что обеспечит энергетическую безопасность страны и устойчивое развитие топливно-энергетического комплекса государства в долгосрочной перспективе.

В настоящее время конструкторское бюро «Вымпел», в рамках Федеральной целевой программы «Развитие гражданской морской техники» на 2009–2016 гг. разработало проект научно-исследовательского ледокола для комплексных геофизических исследований, основным назначением которого является разведка месторождений углеводородов в Арктике (рис. 5).



**Рис. 5. Научно-исследовательский ледокол**

Сотрудничество в рамках проекта с ОАО «Севморгео», имеющим уникальный опыт проведения экспедиций в районах российской Арктики, в ходе которых выполняются сейсморазведочные работы и проводится отбор образцов горных пород с использованием буровой установки донного базирования, показывает востребованность судов данного типа для эффективных и безопасных геологических исследований на Арктическом шельфе.

Сотрудничество с ИПФ РАН показало возможность применения перспективных методов сейсморазведки для работы в арктических ледовых условиях, в том числе и при движении в сплошных ледяных полях.

Востребованность в данных судах наблюдается уже сегодня. Выполненная работа позволяет перейти к стадии технического проектирования и производству современного оборудования для работы в Арктике, а в перспективе – к постройке научно-исследовательского ледокола для комплексных геофизических исследований. ■

После распада СССР система водного транспорта оказалась в сложной ситуации, так как смена экономики с плановой на рыночную привела к изменению всей логистики, особенно в части партионности, что вывело многие грузы и направления с «реки».

При этом речной транспорт остается одним из самых безопасных видов транспорта. По данным специальной комиссии Евросоюза, изучающей вопросы развития внутренних водных путей в Европе, отмечается, что повреждения по причине аварий речного транспорта происходят в 178 раз реже, чем по причине аварий тяжелогрузных автотранспортных средств, и в 13 раз реже, чем во время аварий на железной дороге.

Это энергосберегающий вид транспорта с низким уровнем загрязнения атмосферы и воды. Железнодорожный локомотив потребляет в 8 раз, а тяжелогрузное автотранспортное средство – в 26 раз больше энергии, чем речное транспортное судно в расчете на 1 т перевозимого груза.

Интересно отметить, что наивысшее достижение речников СССР составляло 582,3 млн. т грузов в 1988 г. Грузооборот достигал 242 млрд. т-км (в 1985 г.). Средняя дальность перевозки 1 т груза составляла в 1980 г. – 474 км, в 1990 г. – 381 км. Для сравнения, в 2004 г. грузооборот речного транспорта России составил 87,6 млрд. т-км со средней дальностью 640 км (табл. 1). Общий объем перевозок грузов на внутреннем водном транспорте в 2012 г. составил 142,1 млн. т (рост на 12,2% по сравнению с 2011 г.), в 2013 г. – 136,9 млн. т (24% от уровня 1988 г.).

Для замены сильно постаревшего флота уже в новом веке суда усилиями ведущих частных судовладельцев – «Волжского пароходства» (рис. 1), «Северо-Западного пароходства», группы компаний «Палмали», «Московского речного пароходства» строились. Однако, как правило, речь идет о судах смешанного «река-море» плавания, так как чисто речные суда из-за сезонности эксплуатации имели сроки окупаемости 20–25 лет, что абсолютно неприемлемо для частного инвестора.

Изменение государственных подходов наметилось в конце первого десятилетия XXI в., когда стало ясно, что транспортные речные и «река-море» суда, построенные в 70–80-е гг., а также вспомогательный флот, обеспечивающий путевые условия на реке, исчерпают свой ресурс в ближайшие 5–10 лет [3].

7 ноября 2011 г. Президентом РФ был подписан федеральный закон о поддержке российского судостроения и судоходства, в соответствии с которым судостроительные заводы – резиденты особых экономических зон были освобождены от уплаты земельного налога и налога на имущество организаций сроком на 10 лет. Также верфи освобождены от уплаты таможенных пошлин на ввозимое импортное оборудование, не производящееся в стране. В свою очередь, судоходные компании были освобождены от налога на прибыль, полученную от эксплуатации или продажи судов, построенных в РФ, и на период с 2012 по 2027 г. для этих компаний устанавливаются нулевые тарифы страховых взносов в Пенсионный фонд, Фонд социального страхования и Федеральный фонд обязательного медицинского страхования. Преференциями и льготами, предусмотренными данным законом, будут пользоваться судовладельцы, имеющие суда, построенные с 1 января 2010 г. в России и для России (зарегистрированные в Российском международном реестре судов, в том числе речные и «река-море» плавания).

Подобный интерес государства не случаен, так как уровень развития судостроения, как и авиационно-космической промышленности, является признаком развития страны, ее научно-технического потенциала, «локомотивом» и «сборочным цехом» экономики, стимулирующим развитие смежных

## ПЕРЕВОЗКИ ОТЕЧЕСТВЕННЫМ ВОДНЫМ ТРАНСПОРТОМ, СОСТОЯНИЕ РЕЧНОГО ФЛОТА И ВОЗМОЖНОСТИ НОВОГО СУДОСТРОЕНИЯ, В ТОМ ЧИСЛЕ ДЛЯ СИБИРСКИХ РЕК

**Г.В.Егоров**, д-р техн. наук, проф.,  
ген. директор ЗАО «Морское Инженерное Бюро»,  
контакт. тел. (812) 232 8538

Таблица 1

Суммарный объем перевозок судами смешанного «река-море» плавания и «северного завоза»

| Год  | Экспортно-импортные перевозки, млн. т | Завоз грузов на Крайний Север, млн. т |
|------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 1990 | 17,5                                  |                                       |
| 1991 | 17,0                                  |                                       |
| 1992 | 16,4                                  |                                       |
| 1993 | 17,2                                  |                                       |
| 1994 | 20,2                                  |                                       |
| 1995 | 24,1                                  | 20,4                                  |
| 1996 | 24,5                                  | 14,5                                  |
| 1997 | 23,5                                  | 15,0                                  |
| 1998 | 19,0                                  | 12,2                                  |
| 1999 | 18,1                                  | 12,4                                  |
| 2000 | 20,4                                  | 14,2                                  |
| 2001 | 25,4                                  | 15,2                                  |
| 2002 | 29,3                                  | 13,3                                  |
| 2003 | 32,8                                  |                                       |
| 2004 | 34,8                                  | 11,6                                  |
| 2005 | 35,1                                  | 12,0                                  |
| 2006 | 22,3                                  | 13,7                                  |
| 2007 | 21,8                                  | 23,1                                  |
| 2008 | 12,4                                  | 24,8                                  |
| 2009 | 15,6                                  | 16,3                                  |
| 2010 | 17,0                                  | 18,0                                  |
| 2011 | 18,0                                  | 19,4                                  |
| 2012 | 29,5                                  | 20,0                                  |
| 2013 | 31,2                                  | 17,7                                  |



Рис. 1. «Сверхполный» танкер проекта RST27 типа «ВФ танкер». Автор фотографии Павел Емельянов

отраслей. При этом фактическая ситуация в судостроительной отрасли в первом десятилетии XXI в. весьма напоминает ту, которая была в России сто лет назад.

Достаточно вспомнить принятые законы Российской империи: «Закон 24 мая 1904 года о выдаче правительственных судов и на приобретение вновь построенных в России из русских материалов деревянных и металлических морских торговых судов»; «Закон 21 мая 1912 года о мерах к поощрению отечественного судостроения».

Законодательная поддержка со стороны государства, ФЦП «Развитие транспортной системы России (2010–2015 годы)», активизация государственных лизинговых компаний позволили уже в 2010 г. начать работу по восстановлению речного флота в зоне ответственности государства (технический флот) и в тех коммерческих сегментах, которые ранее не были профинансированы бизнес-структурами из-за нереально больших сроков окупаемости. При этом основными факторами, влияющими на сроки окупаемости, являются:



– сезонность работы на внутренних водных путях (в оптимистическом случае, апрель - ноябрь);

– пропускная способность «узких» мест (шлюза, мосты);

– глубины (потеря десяти сантиметров осадки для судна «Волго-Дон макс» класса равносильна недогрузу в 210–220 т).

Понятно, что гарантия государства в отношении обеспечения путевых условий на длительный период существенно влияет на отношение банков к кредитованию постройки речных судов.

**За 14 лет нового века (по состоянию на 1 января 2014 г.) было построено 260 грузовых судов смешанного «река-море» плавания** (табл. 2).

Наиболее востребованными были и остаются суда «Волго-Дон макс» класса, отвечающие габаритам Волго-Донского судоходного канала (ВДСК) и предназначенные для замены известных советских судов серий «Волго-Нефть» и «Волго-Дон», т.е. универсальных по своим размерам судов для работы на европейской части внутренних водных путей России.

Для сведения, в 2013 г. по ВДСК было перевезено рекордное с 1983 г. количество груза – 12,7 млн. т.

Всего их было построено 147 ед. или 56% от общего количества новых грузовых судов. Причем российские верфи обеспечили поставку 109 сухогрузов и танкеров этого класса (74%), турецкие – 16, украинские – 14 и китайские – 8.

По остальным сегментам грузового флота воднотранспортной отрасли в России было построено 80 судов (71%), в Турции – 16 и в Китае и Вьетнаме – 17.

В большинстве своем речь шла о судах нового поколения, так как они строились по разработанным после 2000 г. проектам «Морского Инженерного Бюро» – 155 судов, Волго-Каспийского бюро (КБ завода «Красное Сормово») – 54 судна и ЦКБ «Вымпел» – 25 судов.

В настоящее время происходит переход к строительству грузовых судов для европейской части ВВП России, обладающих более развитой речной функцией:

Таблица 2

**Фактическое пополнение флота Российской Федерации в XXI в. самоходными грузовыми судами внутреннего, смешанного и ограниченных районов плавания (по данным на 10.04.2014)**

| Тип судна  | Количество судов, ед. | Верфь  |
|--|-----------------------|--|
| <b>Самоходные грузовые суда «Волго-Дон макс» класса</b>  |                       |  |
| Танкер-продуктовоз пр. RST27* типа «ВФ ТАНКЕР» дедвейтом 7100/5420 тонн  | 27                    | Завод «Красное Сормово», Окская судовой верфь, Херсонский СЗ                             |
| Танкер-продуктовоз пр. 19614 типа «Нижний Новгород» дедвейтом 5600/5100 тонн   | 25                    | Завод «Красное Сормово»  |
| Танкер-продуктовоз пр. 005RST01* типа «Армада Лидер» дедвейтом 6500/4700 тонн, пр. RST22* типа «Новая Армада» дедвейтом 7000/4600 тонн, пр. RST22M* дедвейтом 7100/4600 тонн | 23                    | Завод «Красное Сормово», Турция (10 в постройке)   |
| Танкер-продуктовоз пр. 19900 дедвейтом 7100/4600 тонн  | 5                     | Завод «Красное Сормово»  |
| Сухогруз пр. 19610 типа «Волга» дедвейтом 6200 / 3825 тонн   | 4                     | Завод «Красное Сормово»  |
| Танкер-продуктовоз пр. 17103 дедвейтом 5420/4250 тонн  | 2                     | Волгоградский СЗ   |
| Сухогруз пр. 006RSD05* типа «Палмали Трейдер» дедвейтом 6970/4580 тонн   | 8                     | Волгоградский СЗ   |
| Сухогруз пр. RSD19* типа «Хазар» дедвейтом 7004 / 4596 тонн  | 4                     | Волгоградский СЗ   |
| Сухогруз пр. 007RSD07* типа «Танаис» дедвейтом 7215/4778 тонн  | 1                     | Волгоградский СЗ   |
| Танкер-продуктовоз пр. 00216 дедвейтом 6610/5300 тонн  | 3                     | Окская судовой верфь   |
| Сухогруз пр. RSD44* типа «Герои Сталинграда» дедвейтом 5540 тонн   | 10                    | Окская судовой верфь   |
| Сухогруз пр. 006RSD02* типа «Надежда» дедвейтом 7078/4680 тонн   | 1                     | Окская судовой верфь   |
| Танкер-продуктовоз пр. RST25* типа «Александр Шемагин» дедвейтом 6700/5240 тонн  | 5                     | Судовой верфь братьев Нобель (Рыбинск), Зеленодольский СЗ, СЗ «Лотос» (всего заказано 7) |
| Сухогруз пр. RSD49* дедвейтом 7154 / 4518 тонн   | 8                     | Невский ССЗ (10), СЗ «Лотос» (2)   |
| Танкер пр. 52 дедвейтом 5400 тонн  | 1                     | Костромской ССЗ  |
| Танкер пр. RST11* дедвейтом 6586 / 4677 тонн   | В постройке           | Самарская РЭБ (заказ 1)  |
| Танкер пр. RST12* дедвейтом 7150 / 5400 тонн   | В постройке           | Турция (заказ 5)   |
| Танкер пр. RST28* дедвейтом 7150 / 5400 тонн   | В постройке           | Судовой верфь в Русе, Болгария (заказ 3)   |
| Танкер-площадка пр. RST54* дедвейтом 5600 тонн   | В постройке           | Окская судовой верфь (5 судов в постройке)   |
| Сухогруз пр. 005RSD06* с модификациями типа «Челси» дедвейтом 5827/5080 тонн   | 9                     | Херсонский СЗ  |
| Сухогруз пр. RSD58* «Леда» дедвейтом 6280/4700 тонн  | 1                     | Херсонский СЗ  |
| Сухогруз пр. RSD20* типа «Святой Николай» дедвейтом 6862 / 4280 тонн   | 1                     | Херсонский СЗ  |
| Танкер-продуктовоз-химовоз пр. HCR0805 типа «Каллиопа» дедвейтом 6024-7441 тонн  | 8                     | Китай  |
| Танкер-продуктовоз типа «Мидволга» дедвейтом 6290 тонн   | 1                     | Городец (в постройке второе судно)   |
| <b>Самоходные грузовые суда других классов</b>   |                       |  |
| Сухогруз пр. RSD17* типа «Евро круизер» дедвейтом 6354 тонн  | 5                     | Завод «Красное Сормово»  |
| Сухогруз пр. 17310 типа «Россия» дедвейтом 3837 тонн   | 4                     | Завод «Красное Сормово»  |
| Сухогруз пр. 005RSD03* типа «Карелия» дедвейтом 5500/3340 тонн   | 12                    | Онежский СЗ  |
| Сухогруз пр. DCV33* дедвейтом 4570 тонн  | 6                     | Онежский СЗ  |
| Сухогруз пр. DCV36* дедвейтом 5026 тонн  | 10                    | Китай  |
| Сухогруз пр. 003RSD04* с модификациями типа «Каспиан Экспресс» дедвейтом 3756/2584 тонн  | 12                    | Турция   |
| Сухогруз пр. RSD18* типа «UCF» дедвейтом 5185/3528 тонн  | 3                     | Китай (заказ 6)  |
| Сухогруз пр. RSD08* типа «Омакс» дедвейтом 3794 / 3258 тонн  | 1                     | Китай  |
| Танкер-продуктовоз пр. 0201Л типа «Лукойл» дедвейтом 6600/3640 тонн  | 10                    | Волгоградский СЗ   |
| Танкер пр. 19619 дедвейтом 13110 тонн  | 14                    | Завод «Красное Сормово»  |
| Танкер пр. 00210, 00230 типа «Астана» дедвейтом 12360 тонн   | 6                     | Выборгский СЗ  |
| Танкер пр. 00260 дедвейтом 12125 тонн  | 1                     | Зеленодольский СЗ  |
| Танкер пр. 15790Т типа «Андропов» дедвейтом 4585 тонн  | 1                     | Судовой верфь братьев Нобель (Рыбинск)   |
| Сухогруз пр. 00101 типа «Русич» дедвейтом 5190/3855 тонн   | 13                    | Окская судовой верфь, Завод «Красное Сормово», Зеленодольский СЗ, Вьетнам                |
| Сухогруз пр. 01010 типа «Валдай» дедвейтом 5010/3800 тонн  | 4                     | Северная верфь   |
| Сухогруз пр. 17605 типа «Соликамский» дедвейтом 6820 тонн  | 2                     | Верхнекамский судостроительный комплекс  |
| Танкер-бункеровщик пр. 001RST02* типа «Экомаринер - 1» дедвейтом 1200 тонн   | 1                     | Астраханская судовой верфь   |
| Танкер-бункеровщик пр. RST18* дедвейтом 517 тонн   | В постройке           | Ярославский СЗ (3 в постройке)   |
| Танкер-бункеровщик пр. RST05* дедвейтом 3955 / 2868 тонн   | 2                     | Судовой верфь «Дон-Кассенс», Аксай (2), Херсонский СЗ                                    |
| Сухогруз-площадка типа «Коломна-1» класса «М» дедвейтом 3150 тонн  | 1                     | Судовой верфь ОАО «Порт Коломна» (в постройке второй)                                    |
| Танкер-химовоз пр. RST26* дедвейтом 4600/2820 тонн   | 1                     | Херсонский СЗ (2)  |
| Сухогруз пр. RSD12* типа «Azov XL» дедвейтом 8048 тонн   | 4                     | Турция   |

Примечание. \* Проект «Морского Инженерного Бюро». Источники: «Морское Инженерное Бюро».

Основные характеристики комбинированного судна-площадки/танкера пр. RST54

| Параметр  | Величина             |
|---|----------------------|
| Главные размеры   |                      |
| Длина максимальная, м   | 140,85               |
| Ширина, м   | 16,70                |
| Высота борта, м   | 5,00                 |
| Высота габаритная от ОП до несъемных частей (не более), м                 | 16,10                |
| Осадка в реке, м  | 3,60                 |
| Дедвейт в реке при осадке 3,60 м, т                                       | 5589                 |
| Высота ограждения грузовой площадки, м                                    | 2,00                 |
| Объем грузового пространства по верхнюю кромку ограждения, м <sup>3</sup> | 2564                 |
| Вес щебня на палубе (около), т  | 4500                 |
| Объем грузовых и отстойных цистерн (98%), м <sup>3</sup>                  | 5653                 |
| Автономность, сут   | 20                   |
| Класс Российского Речного Регистра  | ☉М-ПР 2,5 (лед30) А  |
| Мощность и тип ГД   | 2 x 1200 кВт         |
| Винто-рулевое устройство  | 2 x 1200 кВт, ВРК    |
| Подруливающее устройство  | 230 кВт              |
| Вспомогательные ДГ + Аварийный ДГ   | 3 x 296 кВт + 62 кВт |
| Вспомогательные паровые котлы, т/ч  | 2 x 2,5              |
| Производительность грузовых насосов, м <sup>3</sup> /ч                    | 2 x 300              |
| Количество манифольдов/количество видов груза                             | 4 / 1                |
| Подогрев груза  | Змеевики             |
| Насос отстойного танка, м <sup>3</sup> /ч                                 | 80                   |
| Экипаж / мест, чел.   | 12 / 14 + лоцман     |
| Скорость (при осадке 3,60 м и 85% МДМ <sup>1</sup> ), уз                  | 10,5                 |

<sup>1</sup> МДМ – максимально длительная мощность главного двигателя

– речных сухогрузных судов «устьевого» типа «Волго-Дон макс» класса пр. RSD44 с пониженным надводным габаритом, позволяющим проходить под мостами на Неве, под ростовским железнодорожным мостом без их разводки, а также по Москве-реке (уже работают 10 судов, рис. 2);



Рис. 2. Сухогрузное судно пр. RSD44 типа «Герои Сталинграда» на Москве-реке.

Автор фотографии Александр Конов

– «сверхполных» танкеров смешанного «река-море» плавания «Волго-Дон макс» класса с увеличенной речной грузоподъемностью проекта RST27 и судов, созданных на их базе [6] (построены 27 ед – см. рис. 1);

– речных комбинированных танкеров-площадок пр. RST54 (см. рис. 3 и табл. 3) на базе «сверхполных» обводов пр. RST27 для перевозки на открытой палубе грузов, не боящихся подмочки (гравий, прокат, «тяжелые» контейнеры, автомобили и т.п.) в одном направлении и нефтеналивных грузов в обратном направлении (в постройке 5 судов, всего ожидается заказ на 20 ед.).

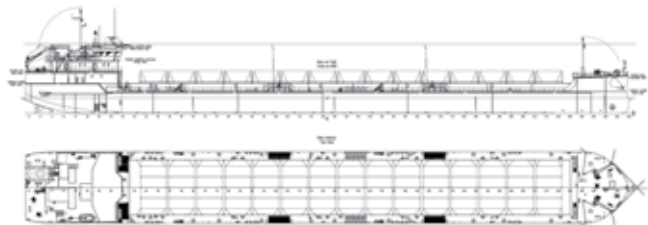


Рис. 3. Общий вид комбинированного судна-площадки/танкера пр. RST54

Принципиальной особенностью новых концептов является «расширение» узких мест внутреннего водного транспорта за счет новых технических решений. Другими словами, происходит увеличение провозоспособности за счет максимального использования фактических путевых условий (максимально возможные длина, ширина судна), а главное – за счет экстремально полных обводов, ранее не применявшихся в мировой практике. Наконец, снижение надводного габарита позволяет снизить потери ходового времени в ожидании разводки мостов в Санкт-Петербурге и Ростове-на-Дону и позволить работать по Москве-реке до Южного порта.

Применение комбинированных судов пр. RST54:

– обеспечивает загрузку в обе стороны (нефтеналив – в одну и сухогрузы – в обратную);

– позволяет снизить нагрузку на автодороги за счет перевозки 200–280 легковых автомобилей (рис. 4), которые обычно из района Санкт-Петербурга в Центральную Россию везут на грузовиках-автомобилевозах;

– обеспечивает 120 контейнеров с массами до 36 т, которые недопустимы для транспортировки автопоездами по условиям максимальной нагрузки на трассах, в том числе до 45 рефрижераторных контейнеров.

Совершенно иная ситуация в Сибири, севере европейской части. Причем рассматривать вопрос о пополнении флота северных рек необходимо, исходя из имеющихся в наличии и перспективных грузопотоков конкретного региона, его народнохозяйственных потребностей.

В качестве примера приведем ситуацию с ведущим транспортным предприятием отрасли на Северо-Востоке – ОАО «Ленское объединенное речное пароходство» («ЛОРП»), которое обеспечивает завоз грузов в Республику Саха (Якутия)

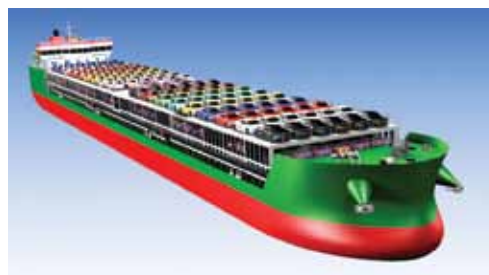


Рис. 4. Комбинированное судно-площадка/танкер пр. RST54 с грузом легковых автомобилей

и их доставку до устьевых пунктов арктических рек (см. рис. 5 и табл. 4). Ниже использованы данные ОАО «ЛОРП» и ЗАО «Ленгипроречтранс» [1, 2, 12].

Основными пунктами отправления нефтепродуктов в Ленском бассейне являются: Осетрово – нефтепродукты, п. Витим – вывоз сырой нефти с Талаканского месторождения, используемого в качестве нефтяного котельного топлива, и Кызыл-Сыр (р. Вилюй) – газоконденсатное топливо.

Свыше 70% нефтепродуктов доставляется в Республику Саха (Якутия) судоходными компаниями из порта Осетрово и развозится вниз по реке до основных потребителей на магистральном пути – Ленск, Жатай, Пеледуй, Олекминск, где создаются запасы с учетом обеспечения арктического завоза и на случай резкого изменения габаритов водного пути на Верхней Лене в летний период, к началу выхода судов в устье Лены (третья декада июля) и начала арктического завоза грузов.

В пунктах рек Витим, Алдан, Вилюй и боковые притоки с открытием навигации обеспечивается максимальный по объему завоз нефтепродуктов, используя экспедиционный завоз в короткие по срокам благоприятные навигационные условия по глубинам.

Начиная со второй половины июля обеспечивается загрузка флота, направляющегося в арктические пункты с параллельным использованием буксирных составов, их проводкой до устья Лены и последующей буксировкой до п. Тикси и арктических рек Яны, Индигирки, Колымы, Хатанги, Анабара.

Из представленной динамики и номенклатуры перевозимых грузов водным транспортом в Ленском бассейне следует,

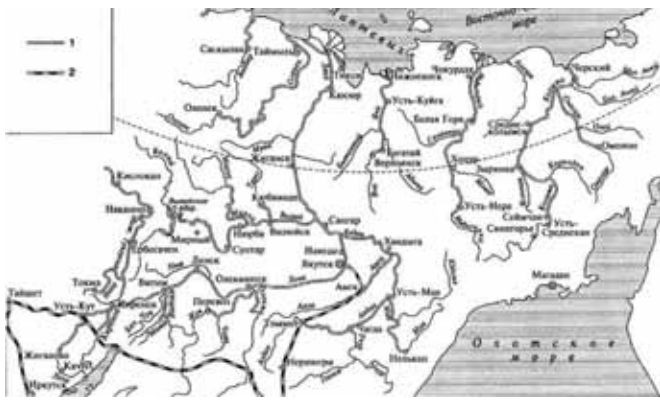


Рис. 5. Схема водных путей северо-востока России  
1 – судоходные участки реки; 2 – железные дороги  
Источник: [12], материалы автора

Таблица 4  
Сведения по отправлению грузов флотом ОАО «ЛОРП» в навигации 2004–2008 гг.

| Показатель           | Размерность | Род груза | 2004 г. |        | 2005 г. |        | 2006 г. |       | 2007 г. |       | 2008 г. |  |
|----------------------|-------------|-----------|---------|--------|---------|--------|---------|-------|---------|-------|---------|--|
|                      |             |           | отчет   | отчет  | отчет   | отчет  | отчет   | отчет | отчет   | отчет |         |  |
| Всего                | Тыс. т      |           | 1462,2  | 1414,3 | 1485,0  | 1800,4 | 2125,6  |       |         |       |         |  |
|                      | Млн. т-км   |           | 2495    | 2276,5 | 2415,2  | 2648,0 | 2527,6  |       |         |       |         |  |
| В том числе наливные | Тыс. т      |           | 761,7   | 735,6  | 718,9   | 677,4  | 642,7   |       |         |       |         |  |
|                      | Млн. т-км   |           | 1510    | 1448,2 | 1530,4  | 1395,1 | 1417,4  |       |         |       |         |  |
| Осетрово             | Тыс. т      | Налив.    | 397,3   | 358,5  | 426,3   | 395,7  | 370,8   |       |         |       |         |  |
| Витим                | Тыс. т      | Налив.    | 159,9   | 187,1  | 150,1   | 138,5  | 130,7   |       |         |       |         |  |

Источник: ОАО «ЛОРП»

что на долю социально значимых (энергетических) грузов – нефтепродукты, уголь – приходится до 57% общего объема перевозимых грузов, причем в абсолютном выражении перевозки этих грузов неизменны и находятся в пределах 2 млн. т.

Водные пути Ленского бассейна имеют различную продолжительность навигационного и эксплуатационного периодов на отдельных участках рек, различные эксплуатационные условия, что влияет на использование флота на этих путях (мелкосидящий флот для боковых и малых рек, суда смешанного «река-море» плавания для обеспечения завоза грузов в пункты арктических рек) требуют создания и поддержания соответствующих габаритов судового хода для обеспечения беспрепятственного прохождения судов как на фарватерах, так и на баровых участках рек Яна и Индигирка, в целях необходимого завоза грузов в короткие сроки арктической навигации.

Например, навигационный период на магистральных участках р. Лена от южных (Усть-Кут) в верховьях реки до устья реки на севере отличается примерно на 40 суток. На боковых притоках среднего течения р. Лена – Витиме, Алдане, Вилюе продолжительность навигационного периода составляет 132–138 суток, однако эксплуатационный период на этих реках значительно отличается от навигационного и составляет по р. Витим 75 суток (участок Лужки – устье), р. Алдан – 50 сут. (участок Джебарики – Хая – Учур), 125 сут. (участок Джебарики – Хая – устье), р. Вилюй – 35 сут. (участок у.р. Марха – Устье) и 21 сут. (участок Сунтар – у.р. Марха).

Таким образом, перевозки грузов по продолжительности эксплуатационного периода на верхних участках рек Витим, Алдан, Вилюй соответствуют экспедиционному завозу грузов на малые реки, и для использования флота в течение всего навигационного периода на этих реках необходимо наличие мелкосидящего флота и выполнение дноочистительных, дноуглубительных работ.

Завоз груза в арктические пункты рек Яна, Индигирка, Колыма, Анабар, Оленек, Хатанга имеет свои существенные отличия и специфику, которые в первую очередь требуют накопления грузов, связаны с ледовыми условиями и очищением ото льда прибрежного побережья моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря (как правило, третья декада июля), выполнением земснарядами необходимых работ по дноуглублению и расчистке баровых участков на подходе к

рекам Яна и Индигирка для прохода судов смешанного «река-море» плавания в устьевые пункты.

Эксплуатационный период работы судов смешанного «река-море» плавания по трассе Северного морского пути (СМП) и завоз грузов в Арктические пункты не превышает 65 суток, сопряжен с неблагоприятными погодными условиями (особенно сентябрь), что требует определенного навигационного и гидрометеорологического обеспечения судов и самой трассы СМП, а также согласованных действий участников транспортного процесса.

Навигационный период в Ленском бассейне делится на периоды [1]:

- 1-й (весна) – завоз грузов на боковые реки;
- 2-й (первая половина лета) – грузовые операции в Ленске, Якутске;
- 3-й (вторая половина лета) – завоз грузов в Арктику;
- 4-й (осень) – возвращение флота к пунктам плановых отстоев.

Транспортная доступность улусов в бассейнах рек Анабар, Яну, Индигирку, Оленек и Колыму составляет всего лишь 44–60 сут в навигацию при средней продолжительности навигации по реке Лена 112–165 сут (нижняя граница – по устью, верхняя – по Усть-Куту).

В перевозках грузов морским путем в пункты арктического побережья задействован флот ОАО «ЛОРП», имеющий для этого сухогрузные и нефтеналивные суда смешанного «река-море» плавания типа «Сибирский» пр. 292 и 0225, «Лена-нефть» пр. Р-77 и 621, «Волгонефть» пр. 1577, 2 ледокола и буксирные теплоходы соответствующего класса.

ОАО «ЛОРП» осуществляет перевозку нефтепродуктов наливом и сухих грузов в бассейне реки Лены и ее притоков Витима, Олёкмы, Алдана и Вилюя. Суда смешанного «река-море» плавания работают на трассе СМП от порта Хатанга до порта Певек с заходом в реки Анабар, Оленёк, Яну, Индигирку и Колыму. В настоящее время «Северный» завоз в Ленском бассейне осуществляется по восьми направлениям. Маршруты, составляющие в сумме более 5,6 тыс. км морского пути, пролегают по морям Северного Ледовитого океана от Хатанги до Певека.

Номенклатура грузов «северного» завоза по наливным грузам – дизельное топливо, керосин, газоконденсат (как котельное топливо), сырая нефть, бензин, метанол. Как правило, грузы с температурой вспышки до 60° или около того. Сухие грузы – каменный уголь, лес кругляк, пиломатериалы, стройматериалы, остальные грузы в контейнерах, техника, оборудование, трубы.

В последнее время грузопоток в арктические районы Республики Саха (Якутия) стабилизировался (до 350–400 тыс. т), в нем примерно в равных долях присутствуют нефтепродукты наливом и сухие грузы. Кроме того, СМП (морским судами) для нужд Республики Саха (Якутия) доставляется порядка 40–50 тыс. т нефтепродуктов наливом.

Как правило, схема доставки нефтепродуктов такова:

1. Нефтепродукты наливом доставляются в основном до п. Тикси на танкерах пр. 1577 («Волгонефти», двухкорпусные, по требованиям МАРПОЛ не удовлетворяют, формально в море работать с грузом тяжелее 0,900 т/м<sup>3</sup> не должны), 1754Б (однокорпусные, не могут работать в реке).

2. От п. Тикси на реку Яна до Нижнеянска – теплоходами пр. 621, Р-77 (далее по пунктам реки на однокорпусных теплоходах пр. 414В (СПН) флотом ОАО «Янское речное пароходство»). От п. Тикси на реку Индигирка до бара – пр. 621, Р-77 (далее – на теплоходах пр. 414В приписки Белогорского речного порта ОАО «ЛОРП»).

Таким образом, танкеры смешанного «река-море» плавания пр. 621 и Р-77 (типа «Ленанефть»), тоже не отвечающие требованиям МАРПОЛ, а Р-77 еще и без второго дна, что не позволяет работать и в реке), а также пр. 1577 (типа «Волгонефть») перевозят топливо до устьевых точек на реках Яна, Колыма, Индигирка, Анабар, где производится раскочка и дальнейшая

доставка грузов до береговых нефтебаз (изменение гарантированных габаритов судового хода на р. Лене см. табл. 5).

Общий грузопоток, следующий из устья р. Лены и распределяемый по двум секторам Арктики, составляет в последние годы 340–346 тыс. т грузов. Кроме того, перегружается с морских танкеров на суда «река-море» плавания и завозится в устьевые пункты арктических рек от 60 до 86 тыс. т нефтепродуктов.

Таблица 5

**Изменение гарантированных габаритов судового хода на р. Лене**

| Наименование участка      | Протяженность участка, км | Гарантированные габариты судового хода, Т(см) x В (м) x R(м) |             |               |
|---------------------------|---------------------------|--|-------------|---------------|
|                           |                           | 1987 г.  | 2001 г.     | 2009–2013 гг. |
| Усть-Кут – Киренск        | 308                       | 180x65x400   | 165x65x300  | 175x65x300    |
| Киренск – устье р. Витима | 450                       | 230x70x450   | 180x70x400  | 190x70x400    |
| устье р. Витима – Якутск  | 1229                      | 260x100x500  | 210x100x400 | 220x100x400   |
| Якутск – Быков мыс        | 1638                      | 290x100x750  | 240x100x600 | 255x100x600   |
| ВСЕГО                     | 3625                      |  |             |               |

Источник: Ленское ГБУ ВПиС, материалы автора

Современная концепция судна смешанного «река-море» плавания для «северного» завоза была сформулирована автором следующим образом [4]: это должно быть транспортное судно смешанного «река-море» плавания с полным использованием габаритов судового пути реки Лена от порта Якутск до порта Тикси (включая сезонные изменения осадок от 2,00 до 3,50 м), максимально возможным для обеспечения ходкости коэффициентом общей полноты, повышенной грузоместимостью при минимально возможной высоте борта; повышенной управляемостью в стесненных условиях и на мелководье за счет использования полноповоротных винто-рулевых колонок; обоснованной эксплуатационной надежностью конструкций судового корпуса при оптимальной металлоемкости последнего.

Предполагается создание проектов сухогрузных судов и танкеров на единой платформе с применением одинаковых обводов, габаритных размеров и пропульсии.

На основе анализа существующих путей условий был разработан концепт судна смешанного «Лена макс» класса (рис. 6 и табл. 6).

Но танкеры смешанного «река-море» плавания с рабочими осадками от 2,00 до 4,00 м не могут обеспечить перевозки на всем диапазоне внутренних водных путей. Их работа эффективна (на примере Якутии) от нефтебазы Нижний Бестях и Якутск и ниже по течению, с переходами по СМП от Таймыра до Чукотки. Для обеспечения «северного» завоза на участках до Усть - Кута до Якутска, на «боковые» реки, а также через бары рек, впадающих в Северный Ледовитый океан (Яна, Индигирка, Колыма, Анабар, Оленек, Хатанга) требуются транспортные средства с рабочими осадками около 1,40-1,80 м. Такие самоходные суда, как правило, имеют небольшую грузоподъемность (600–1000 т) и при этом, как правило, с целью снижения массы судна порожнем, получают классы Российского Речного Регистра не выше «О».

Поэтому для таких условий необходим переход на качественно новый уровень организации перевозок водным транспортом, который может быть, по опыту высококоразвитого речного транспорта США [5], достигнут за счет более широкого использования толкаемых барже-буксирных составов (ББС) как классического речного типа (отечественные сцепы типа О-200, УДР-100 и т.д.), так и сцепами японского, финского или американского типа. При этом следует ясно понимать, что просто созданием проекта ББС дело не обойдется, так как их эффективная эксплуатация требует коренной перестройки организации перевозок (т.е. применения так называемой «вертушки», когда на один толкач будут приходиться две-три баржи).

Для работы на малых осадках рек восточных бассейнов были разработаны на базе унифицированных обводов кон-

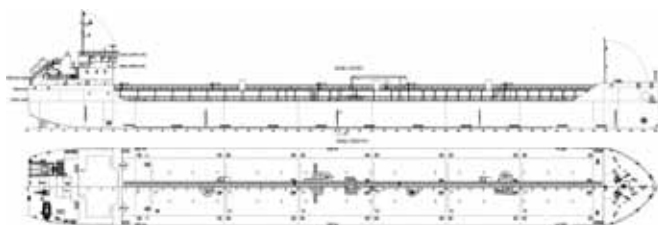


Рис. 6. Общий вид танкера «Лена макс» класса дедвейтом 7700 т для «северного завоза»

Таблица 6

**Основные характеристики танкера «Лена макс» класса дедвейтом 7700 т для «северного завоза»**

| Параметр   | Величина                                    |
|--|---|
| Главные размерения                                     |   |
| Длина максимальная, м                                  | 140,85                                      |
| Ширина расчетная, м                                    | 22,00                                       |
| Высота борта, м  | 6,00  |
| Осадка по ЛГВЛ, м                                      | 3,50  |
| Дедвейт при осадке 3,50 м в море, т                    | 7710  |
| Дедвейт при осадке 3,50 м в реке, т                    | 7470  |
| Дедвейт при осадке 2,50 м в реке, т                    | 4470  |
| Дедвейт при осадке 2,00 м в реке, т                    | 3020  |
| Автономность по запасам топлива, сут                   | 20  |
| Объем грузовых цистерн (98%), м <sup>3</sup>           | 6600  |
| Объем отстойных цистерн (95%), м <sup>3</sup>          | 210   |
| Количество грузовых цистерн                            | 12  |
| Количество отстойных цистерн                           | 2   |
| Класс РРР  | ✠ М-СП3,5 (лед40) А                         |
| Производительность грузовых насосов, м <sup>3</sup> /ч | 6 x 200                                     |
| Мощность и тип ГД                                      | 2 x 1200 кВт                                |
| Винторулевое устройство                                | 2 x ВРК                                     |
| Подруливающее устройство                               | 230 кВт                                     |
| Вспомогательные ДГ                                     | 3 x 292 кВт                                 |
| Аварийный ДГ   | 80 кВт                                      |
| Вспомогательный паровой котел                          | 2 x 2 т/ч                                   |
| Экипаж / мест  | 12 / 14                                     |
| Подогрев груза   | Змеевики                                    |
| Мытьё танков и очистка промывающей жидкости            | Насос отстойного танка 80 м <sup>3</sup> /ч |
| Скорость (при осадке 3,50 м и 100% МДМ), не менее, уз  | 10,0  |

цепты ББС со сцепом типа УДР-100 класса РРР О 2,0 (Лед 20) с рабочими осадками 1,40–1,80 м:

- нефтеналивной ББС, позволяющий толкать баржи в речных условиях и предназначенный для перевозки сырой нефти и светлых нефтепродуктов, в том числе с температурой вспышки ниже 60°C;

- сухогрузный ББС, позволяющий толкать баржи-площадки в речных условиях и предназначенный для перевозки генеральных и навалочных грузов, включая уголь, 20- и 40-футовые контейнеры международного стандарта, крупногабаритные грузы.

Помимо грузовых судов, принципиальной для великой водной страны, которой является России, есть задача обновления речного пассажирского и грузопассажирского флота для местных перевозок.

В настоящее время перевозка пассажиров на местных линиях осуществляется на морально и физически устаревших судах, в том числе слабо приспособленных или вообще не отвечающих требованиям к перевозке пассажиров, в частности, не имеющих подкреплений для работы в условиях замерзания рек.

Например, на внутренних водных путях Архангельской области работает около 50 переправ и около 20 транспортных операторов, только по Архангельску перевозящих до 1,2 млн. пассажиров в год. 90% пассажиров перевозит ОАО «Архангельский речной порт» [10].

Следует обратить внимание на наименование «внутригородские островные пассажирские речные линии». Дело в том, что более 20 тысяч жителей Архангельска и Приморского муниципального района, проживающих на островах дельты

р. Северная Двина, нуждаются в постоянных речных внутригородских и пригородных перевозках.

В период льдообразования и ледохода (осенью от месяца до трех и весной три-четыре недели) обстановка становится просто катастрофической, так как пассажиров с 70-х гг. прошлого столетия перевозят буксиры (пассажирских судов с требуемой ледовой категорией нет), имеющие достаточную для работы в ледовых условиях категорию, ледопробиваемость и прочность корпуса. Буксиры перевозят жителей до момента появления устойчивого прочного ледового покрова на реке. Такие перевозки осуществляются с нарушением «Правил оказания услуг по перевозке пассажиров, багажа, грузов для личных (бытовых) нужд на внутреннем водном транспорте», утвержденных постановлением №72 Правительства РФ от 6 февраля 2003 г. и требований правил РРР, на борту буксира часто размещают до 100 пассажиров [11].

Проблемы есть даже тогда, когда ледоход прекращается. С одной стороны, каждую зиму создаются пешеходные и транспортные ледовые переправы, но, с другой стороны, грузовые суда, заходящие в порт, разрушают ледовый покров на р. Северная Двина, создают ледовые каналы и торосы, мешают наведению пешеходных переправ через реку.

Подробно о проблемах с грузовыми и пассажирскими перевозками в Архангельске мы писали в статье, опубликованной в «Морском вестнике» №1 за 2014 г. [13].

Здесь лишь повторим, что проблемы с отсутствием флота с необходимыми ледовыми усилениями для эксплуатации в период льдообразования и ледохода показывают необходимость строительства речных грузопассажирских судов нового поколения для местных линий с ледовым классом [8], включая:

- грузопассажирское судно пр. RPF14 вместимостью около 200 человек, на два грузовых автопоезда с носовой и кормовой аппарелями для работы на речной переправе протяженностью до 3 км и ледовой категорией Лед 40;

- пассажирское судно пр. PV16 вместимостью 250 человек, с ледовой категорией Лед 40;

- грузопассажирское судно пр. RPF15 вместимостью до 50 человек и один автопоезд (грузоподъемностью 50 т) с носовой аппарелью для работы на речных переправах продолжительностью рейса до 2 часов и ледовой категорией Лед 40.

Также отмечается напряженная обстановка с перевозкой пассажиров по рекам в районе Волгограда, Самары, Якутска, Астрахани и в некоторых других регионах страны, где либо нет автомобильных дорог, либо объезд по ним крайне затруднителен.

Остается открытым вопрос о замене сильно постаревшего речного круизного пассажирского флота, так как создание современного круизного судна для эксплуатации на реках России (сезон с мая по октябрь) без помощи государства практически невозможно (дисконтированные сроки окупаемости даже для наиболее эффективных судов концепта PV500VB достигают 20 лет). Поэтому в состоявшейся 30 октября 2012 г. встрече Президента РФ В.Путина с транспортниками страны был поднят вопрос о настоятельной необходимости вмешательства государства для создания нового поколения речных пассажирских судов [7]. По оценкам судостроительных компаний, требуется 10 судов концепта «Волго-Балт макс» класса вместимостью 550–600 пассажиров пр. PV500VB и 5 судов концепта «Волго-Дон макс» класса вместимостью около 300 пассажиров пр. PV300VD.

Конечно, помимо строительства крупнотоннажного\* самоходного грузового флота, после 2000 гг. в России осуществлялись поставки и других речных судов (табл. 7) – за 14 лет было построено 15 буксиров и толкачей, более 50 самоходных барж, 1 трехпалубное круизное речное пассажирское судно «Александр Грин», 1 мелкосидящее колесное круизное речное пассажирское судно «Сура» (второе строится) и около 50 небольших прогулочных судов для Санкт-Петербурга и Москвы, а также для местных линий.

\* Для речной отрасли суда, перечисленные в табл. 2, считаются крупнотоннажными.

Также было построено более 240 катеров различного назначения.

Вспомогательный и технический флот до 2010 г. практически не строился, так как, как правило, обеспечение путевых условий является ответственностью государства, и, соответственно, без бюджетного финансирования такой новый флот не появится. ФЦП «Развитие транспортной системы России (2010–2015 годы)» предполагает строительство около 400 вспомогательных судов для реки, причем только ФГУ «Речводпуть» построило 34 новых обстановочных судна (всего же было сдано около 60 различных вспомогательных судов).

В итоге, минимальные потребности речной отрасли страны до 2020 г. могут быть оценены в 350 транспортных и более 400 вспомогательных судов.

Фактические темпы пополнения флота не компенсируют динамику выбытия старых судов (табл. 8). Например, на 1 января 2014 г. средний возраст базовых для речных перевозок нефти 131 танкеров типа «Волгонефть» составил по первоначальному пр. 558/550 – 45,2 года (21 ед.), по пр 1577/550А – 38,5 лет (110 ед.). Из них 23 танкера имеют оценку «негодное».

Основными российскими заводами, которые обеспечивали поставки флота судов смешанного «река-море» плавания (просто речных судов до 2010 г. практически не строили), были нижегородский завод «Красное Сормово» – 83 судна, навашиинская «Окская судостроительная верфь» – 34 судна, петрозаводский «Онежский завод» – 18 судов и Волгоградский судостроительный завод – 33 судна, а также Херсонский судостроительный завод – 16 судов и николаевский завод «Океан» – 9 судов.

Судя по табл. 9, в настоящее время наибольшим реальным потенциалом обладают завод «Красное Сормово» и «Окская судостроительная верфь», а также Невский судостроительно-судоремонтный завод.

Сегодня заказаны и строятся суда «Волго-Дон макс» класса:

1. Невский судостроительно-судоремонтный завод. Заказано и строятся 10 сухогрузных судов смешанного «река-море» плавания пр. RSD49 (модификация пр. RSD19, ранее строившегося на Волгоградском судостроительном заводе, 2 судна сданы в 2012 г., 5 – в 2013 г.). Кроме того, строит аварийно-спасательные суда пр. MPSV07 мощностью 4 МВт с повышенным ледовым классом (в 2012–2013 гг. были сданы три судна).

2. «Окская судостроительная верфь» – в 2012 г. была завершена первая серия из десяти речных сухогрузных судов пр. RSD44. В 2013 г. – серия из двенадцати танкеров пр. RST27. Верфь приступила к строительству 5 комбинированных судов (танкеров-площадок) пр. RST54. Ожидается, что в среднесрочной перспективе верфь продолжит модифицированную серию сухогрузных судов пр. RSD44. По оценкам, минимальная потребность в сухогрузных судах взамен «Волго-Донов» составляет около 50–60 ед.

3. На заводе «Красное Сормово» – построено 12 танкеров смешанного плавания пр. RST27. Соответственно, можно ожидать получение новых заказов по этому же проекту (по некоторым данным завод приступил к строительству еще 2 судов серии). Для сведений: минимальная потребность в новых танкерах пр. RST22, RST25 и RST27 оценивается в 70 ед. Кроме того, завод строит 10 самоходных барж для «Северстали».

4. Судостроительная верфь братьев Нобель (Рыбинск). Завершена серия из 3 танкеров смешанного «река-море» плавания пр. RST25. Ранее верфь сдала 6 катеров – бонопостановщиков для ФБУ «Посморспасслужба». В постройке круизное пассажирское судно смешанного «река-море» плавания пр. PV09, нефтеналивные баржи для Ленского пароходства.

5. Судостроительный завод «Лотос». Строятся 2 сухогрузных судна пр. RSD49 (головной сдан, второй спущен на воду), 2 танкера пр. RST25. Построены 2 баржи для компании «АПК шиппинг».

6. Зеленодольский судостроительный завод. Завершена серия из двух танкеров пр. RST25. Строятся скоростные пассажирские суда типа «Лена».

7. Херсонский судостроительный завод. Завершена серия из трех танкеров пр. RST27. Строятся танкера пр. RST26 (головной сдан).

## Фактическое пополнение речного флота Российской Федерации в XXI в. буксирами, баржами и пассажирскими судами

| Тип судна   | Количество судов, ед. | Верфь   |
|---|-----------------------|---|
| <b>Несамоходные грузовые суда «Волго-Дон макс» класса</b>                                       |                       |   |
| Нефтеналивные баржи пр. 004ROB05* дедвейтом 4324/3897 тонн                                      | 7                     | Волгоградский СЗ  |
| Нефтеналивные баржи пр. ROB07* дедвейтом 4400 тонн  | В постройке           | Судоверфь братьев Нобель (заказ 2 + 2)                        |
| Нефтеналивные баржи пр. 2731 с модификациями дедвейтом 4500/3700 тонн                           | 9                     | Костромской ССЗ   |
| Нефтеналивные баржи пр. 2734 дедвейтом 5000 тонн  | 4                     | Балтийский завод <sup>1</sup>                                 |
| Сухогрузные баржи пр. 03020, 03040 дедвейтом 5000/4130 тонн                                     | 7                     | Окская судоверфь  |
| Сухогрузные баржи пр. 82 дедвейтом 4300 тонн  | В постройке           | Завод «Красное Сормово» (заказано 10 судов)                   |
| <b>Несамоходные грузовые суда других классов</b>  |                       |   |
| Сухогрузные баржи-площадки класса R3-RSN пр. 03060 грузоподъемностью 3640 тонн                  | 5                     | Невский ССЗ   |
| Сухогрузные баржи-площадки класса «О» пр. 82260 грузоподъемностью 1873/2100 (в классе «Р») тонн | 20                    | Красноярская судоверфь  |
| Сухогрузные баржи-площадки класса «Р» пр. 0150/2967 грузоподъемностью 1170 тонн                 | 3                     | Красноярская судоверфь  |
| Сухогрузные баржи-площадки грузоподъемностью пр. 1960 3000 тонн                                 | 4                     | Красноярская судоверфь  |
| Сухогрузные баржи-площадки грузоподъемностью 1500 тонн  | 2                     | Судоверфь ОАО «Порт Коломна»                                  |
| <b>Буксиры и толкачи</b>  |                       |   |
| Буксиры пр. 07521 мощностью 1030 кВт  | 1                     | Верхнекамский судостроительный комплекс                       |
| Буксиры пр. TG04, TG04M* мощностью 442 кВт  | 4                     | Завод Нижегородский теплоход                                  |
| Буксиры-толкачи пр. 90608 типа «Дионисий» мощностью 1496 кВт                                    | 2 <sup>2</sup>        | Завод «Пелла»   |
| Буксиры-толкачи пр. 37 типа «Гектор» мощностью 1840 кВт   | 3                     | Костромской СЗ <sup>3</sup>                                   |
| Буксиры-толкачи пр. ST 376T мощностью 109 кВт   | 1                     | Сосновский СЗ   |
| Буксиры пр. 81173НМ, 81173НМ.2 мощностью 600 (1632) кВт типа «Поморье»                          | 2                     | Лимендский ССРЗ   |
| Буксиры-толкачи проекта 81  | В постройке           | Средне-Невский завод (заказно 6 судов)                        |
| <b>Пассажирские суда</b>  |                       |   |
| Круизное пассажирское судно класса «М» пр. PV08* типа «Александр Грин» на 112 пассажиров        | 1                     | Судоверфь братьев Нобель                                      |
| Круизное пассажирское судно класса «Р» пр. ПКС-40 типа «Сура» на 40 пассажиров                  | 1                     | Фирма «ГАМА» (в постройке второе судно)                       |
| Пассажирское судно класса «О» пр. 105 типа «Фарман Салманов» на 80 пассажиров                   | 1                     | Самусьский ССРЗ   |
| Скоростное пассажирское судно пр. А-45, А-45-1 типа «Лена» на 50-150 пассажиров                 | 5                     | Зеленодольский СЗ   |
| Пассажирское прогулочное судно класса «М-ПР» пр. PV01* типа «Империя» на 250 пассажиров         | 1                     | Херсонский СЗ   |
| Пассажирское прогул. судно класса «Р» пр. 23020 типа «Столичный» на 120 пасс. и его модифик.    | 4                     | Московский ССЗ  |
| Грузопассажирское судно класса «М» пр. 2707 типа «Таймыр» на 30 пассажиров и 15 т груза         | 1                     | Красноярская судоверфь  |
| Пассажирское прогулочное судно класса «Р» пр. RC-TV2008-1 типа «Фердинанд» на 200 пассажиров    | 10                    | Турция  |
| Пассажирское прогулочное судно класса «Р» пр. 82500, 82520, 82544 типа «Мойка» на 70 пассажиров | 36                    | Санкт-Петербург   |
| Обстановочные суда класса R2-RSN проекта BLV01* типа «Дмитрий Сироткин»                         | 1                     | Завод Нижегородский теплоход                                  |
| Обстановочные суда класса «М-СП» проекта BLV02* типа «Ладожский»                                | 2                     | Завод Нижегородский теплоход                                  |
| Многофункциональное судно-ледокол класса «М-СП» проекта 2805 типа «Невская Застава»             | 1                     | СЗ Алмаз  |
| Обстановочные суда класса «О» проекта SV2407  | 6                     | Ярославский СЗ  |
| Обстановочные суда класса «Р» проекта 3050  | 17                    | Московский ССЗ, Самусьский ССРЗ (заказ 27)                    |
| Обстановочные суда класса «Р» проекта 3050.1  | 9                     | Московский ССЗ, Самусьский ССРЗ (заказ 12)                    |
| Обстановочные суда класса «О-ПР» проекта 3052   | В постройке           | Московский ССЗ, Самусьский ССРЗ, Благовещенский ССЗ (заказ 7) |
| Морские водолазные суда проекта SDS08*  | 4                     | Ярославский СЗ  |
| Рейдовые водолазные суда проекта A160   | 10                    | Завод Нижегородский теплоход                                  |
| Суда снабжения проекта DCV47*   | 4                     | Сосновский СЗ   |
| Экологическое судно дедвейтом 207 тонн пр. RT29*  | В постройке           | Сосновский СЗ (заказ 2)                                       |
| Многоцелевые катера проекта MPB-14  | 6                     | Московский ССЗ  |
| Спасательные катера-бонипостановщики проекта A40-2Б   | 6                     | Судоверфь братьев Нобель                                      |
| Лоцманский катер проекта P1760  | 1                     | Завод «Пелла»   |
| Многофункциональные катера проектов 13М, 14М  | 13                    | Озерная верфь   |
| Пассажирские, развлекательные, многофункц. катера класса «Р» проекта KC-110 в разл. модифик.    | Около 200             | Костромской судомеханический завод                            |

Примечание. \* Проект «Морского Инженерного Бюро». Источник: «Морское Инженерное Бюро».

<sup>1</sup> Балтийский завод приведен в этом перечне, так как им построены баржи смешанного «река-море» плавания.

<sup>2</sup> Завод «Пелла» является лидером российского судостроения в сегменте морских портовых и эскортных буксиров (построил 34 буксира пр. 90600, 19 буксиров пр. 16609, 2 буксира пр. ПЕ-65).

<sup>3</sup> Костромской СЗ – единственный в России, который осуществляет постройку ББС «Волго-Дон макс» класса с «морскими» сцепами. Толкачи пр. 37 являются «самоходной» секцией таких ББС (3 судны).

8. Красноярская судоверфь – серийное производство сухогрузных барж-площадок грузоподъемностью от 3000 до 1000 т для ОАО «Енисейское речное пароходство».

9. Верфь ОАО «Порт Коломна». Серийное производство сухогрузных барж-площадок и самоходных судов – площадок типа «Коломна-1».

«Сдвинулось с мертвой точки» создание новых вспомогательных речных судов. Строительство технического флота для реки осуществляется:

1. На заводе «Нижегородский Теплоход» сданы 2 многофункциональных обстановочных судна пр. BLV02.

2. На Ярославском судостроительном заводе сданы 6 обстановочных судов класса «О», строятся 3 танкера-бункеровщика пр. RT18.

3. На Московском судостроительно-судоремонтном заводе – обстановочные суда класса «Р» и «О-ПР», пассажирские суда типа «Столичный». Часть обстановочных судов по до-

говору субподряда строится на Самусьском ССРЗ и Благовещенском ССЗ, что является пока единственным примером успешной кооперации завода, расположенного в европейской части, с восточными предприятиями с целью создания судов для Сибири и Дальнего Востока.

4. На Сосновском судостроительном заводе – 2 экологических судна пр. RT29.

5. Завод «Пелла» строит суда комплексного портового обслуживания на базе пр. СКПО-1000, буксиры пр. 90600, эскортные буксиры, буксиры пр. Rascal 2000, буксиры пр. 16609, лоцманские катера пр. PI-22.

6. Судостроительный завод «Океан» построил в 2009–2010 гг. 24 баржи и в 2011 г. 3 буксира-толкача для компании «Нибулон», а также 4 несамоходных землесоса, 2 мотозавозни и 2 самоходных понтона на закальных сваях для компании «Техногарант».

При этом практически все заводы завершают (или завершили) имеющиеся контракты.

Таблица 8  
Динамика численности и среднего возраста речных судов

| По состоянию на дату | Кол-во судов, ед. | Средний возраст, лет |
|----------------------|-------------------|----------------------|
| 01.01.1980           | 48000             | 14,9                 |
| 01.01.1990           | 44654             | 18,94                |
| 01.01.1994           | 41308             | 22,88                |
| 01.01.1996           | 37920             | 23,12                |
| 01.01.2000           | 34034             | 23,95                |
| 01.01.2001           | 32334             | 24,46                |
| 01.01.2002           | 30325             | 24,72                |
| 01.01.2003           | 29768             | 25,58                |
| 01.01.2004           | 29657             | 24,72                |
| 01.01.2005           | 29152             | 25,58                |
| 01.01.2006           | 28776             | 27,24                |
| 01.01.2007           | 28336             | 28,30                |
| 01.01.2008           | 28215             | 29,20                |
| 01.01.2009           | 26150             | 29,80                |
| 01.01.2010           | 25818             | 30,60                |
| 01.01.2011           | 25663             | 31,52                |
| 01.01.2012           | 23851             | 32,43                |

обычно из района Санкт-Петербурга в Центральную Россию везут на грузовиках – автобусах, перевозки контейнеров с массами, недопустимыми для транспортировки автопоездами по условиям максимальной нагрузки на трассах.

4. Необходим переход на качественно новый уровень организации перевозок водным транспортом, который может быть, по опыту высокоразвитого речного транспорта США, достигнут за счет более широкого использования толкаемых барже-буксирных составов (ББС) как классического речного типа (отечественные сцепы типа О-200, УДР-100 и т.р.), так и морского типа со сцепами японского, финского или американского типа. При этом следует ясно понимать, что просто созданием проекта ББС дело не обойдется, так как эффективная эксплуатация ББС требует коренной перестройки организации перевозок (т.е. применения так называемой «вертушки», когда на один толкач будут приходиться две-три баржи). Особо интересно применение мелкосидящих ББС для восточных бассейнов, где в последние годы наблюдается заметное ухудшение путевых условий.

Таблица 9

Суда, построенные на ведущих заводах (с разбивкой по годам)

| Завод                                    | Годы |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|  | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
| «Красное Сормово»*                       | 4    | 2    | 4    | 6    | 6    | 5    | 6    | 7    | 7    | 6    | 7    | 9    | 10   | 2    | 2    |
| Окская судостроительная                  |      |      |      |      |      | 3    | 2    | 1    | 1    | 1    | 3    | 8    | 8    | 7    |      |
| Херсонский                               |      |      |      |      |      | 1    | 1    | 2    | 2    | 2    | 1    | 1    | 1    | 4    | 1    |
| Невский                                  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 2    | 5    |      |
| Волгоградский                            | 2    | 1    | 3    | 4    | 5    | 4    | 3    | 6    | 3    | 1    | 1    |      |      |      |      |
| Онежский                                 |      |      |      |      |      | 3    | 3    | 2    | 3    | 3    | 4    |      |      |      |      |
| Океан                                    |      |      |      |      |      | 1    | 4    | 4    |      |      |      |      |      |      |      |
| Зеленодольский                           |      |      |      |      |      |      |      | 1    | 1    |      |      |      |      | 2    |      |
| Судостроительная фирма «Нобель»          |      |      |      |      | 1    |      |      |      |      |      |      |      | 2    | 1    |      |
| Лотос                                    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1    |
| Верхне-Камский судостроительный комплекс |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1    |      |      |      | 1    |      |
| Дон-Кассенс (Аксай)                      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1    | 1    |
| Итого                                    | 6    | 3    | 7    | 10   | 12   | 17   | 19   | 23   | 17   | 14   | 16   | 18   | 23   | 23   | 5    |

Источники: «Морское Инженерное Бюро», \* управляющая компания «МНП»

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Требуется интенсификация процесса обновления речного транспорта в целом и флота в частности. Для активизации речного судостроения ведущие судовладельцы России предлагают судовой утилизационный грант – единовременную выплату судостроительной компании при утилизации старого флота, которую можно использовать исключительно для постройки либо приобретения нового судна.

2. Особо необходимы сухогрузные и нефтеналивные суда смешанного «река-море» плавания, которые заменят отработавшие свой срок службы суда «Волго-Дон» и «Волго-Нефть» на линиях, ориентированных на вывоз сырьевых грузов из речных портов России на перегрузочные комплексы в Финском заливе и Керченском проливе. Новые суда должны качественно отличаться от существующих, идеология которых разрабатывалась в 50-е гг. прошлого столетия в первую очередь более высокой производительностью, экологичностью и надежностью.

3. Принципиальной особенностью новых концептов является «расширение» узких мест внутреннего водного транспорта за счет новых технических решений:

3.1. Увеличение провозоспособности обеспечивается за счет максимального использования фактических путевых условий (максимально возможные длина, ширина судна), а главное – за счет экстремально полных обводов, ранее не применявшихся в мировой практике. Такие решения актуальны как для европейской части, так и для восточных бассейнов России.

3.2. Снижение надводного габарита позволяет снизить потери ходового времени в ожидании разводки мостов в Санкт-Петербурге и Ростове-на-Дону и позволяет работать по Москве-реке до Южного порта.

3.3. Применение комбинированных судов обеспечивает нагрузку в обе стороны (нефтеналив – в одну и сухогрузы – в обратную), при этом они позволяют снизить нагрузку на автодороги за счет перевозки легковых автомобилей, которые

Новые заказы жизненно необходимы практически для всех речных заводов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гладких А. Особенности «северного» завода. Проблемы завода грузов на северные реки республики Саха (Якутия) в навигацию 2006-2007 годов // Речной транспорт (XXI век). – 2008. – № 4. – С. 32–35.
2. Долженко Ю. Стратегия решения транспортных проблем экономики и жизнеобеспечения в бассейнах арктических рек Якутии // Речной транспорт (XXI век). – 2004. – №3. – С. 32–35.
3. Егоров Г.В. Перевозки отечественным водным транспортом, состояние речного флота и перспективы нового судостроения // Морская Биржа. – 2010. – № 4 (34). – С. 20–26.
4. Егоров Г.В. Выбор основных параметров корпусов судов смешанного плавания для «северного завода». – Тр. ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова. – 2010. – № 55 (339). – С. 47–56.
5. Егоров Г.В. Масштабная реализация преимуществ толкаемых составов на практике. Подходы, принятые в водном транспорте США // Судостроение. – 2011. – № 2. – С. 18–21.
6. Егоров Г.В. О возможности создания судна смешанного река-море плавания с предельно высоким коэффициентом общей полноты // Тр. Крыловского госуд. науч. центра. – 2013. – № 3 (2013). – С. 6–14.
7. Егоров Г.В., Ильницкий И.А., Калугин Я.В. Концепты круизных пассажирских судов внутреннего и смешанного плавания для российских рек // Морская Биржа. – 2013. – № 1 (43). – С. 18–29.
8. Егоров Г.В., Топоков В.И., Егоров А.Г. Предпосылки и основные результаты проектирования грузопассажирских судов для Северной Двины // Морской Вестник. – 2014. – № 1 (49). – С. 21–27.
9. Информационный портал «News29». Статья «В Архангельске изменили расписание буксиров на пассажирских переправах» от 29.11.12. URL: <http://www.news29.ru/>.
10. Официальный интернет-портал «Архангельск». URL: <http://www.arhcity.ru> (дата обращения 30.10.2013).
11. Официальный интернет-портал губернатора Архангельской области. URL: <http://www.orlov29.ru/> (дата обращения 30.10.2013).
12. Смердов В.Н., Любимов В.И. Актуальные аспекты развития воднотранспортного комплекса республики Саха (Якутия). – Сибирский научный вестник. – Новосибирск, НГАСУ. – 2001. – Вып. V. – С. 121–126.
13. Г. В. Егоров, В. И. Топоков, А. Г. Егоров. Предпосылки и основные результаты проектирования грузопассажирских судов для Северной Двины // Морской вестник. – 2014. – №1. – С. 21–27 ■

## СТАВКА ФЛОТА - НА «АДМИРАЛТЕЙСКИЕ ВЕРФИ»!

*С. И. Васильева, редактор корпоративной газеты «Адмиралтеец»,  
контакт. тел. (812) 714 8719*



**Закладная доска подводной лодки «Краснодар» в руках зам. Главкома ВМФ Виктора Бурсука и генерального директора верфей Александра Бузакова**

**20** февраля 2014 г. на Санкт-Петербургском судостроительном предприятии ОАО «Адмиралтейские верфи» состоялась церемония закладки большой дизель-электрической подводной лодки пр. 636.3 «Краснодар».



Этот корабль стал четвертым в серии, строящейся на «Адмиралтейских верфях» для ВМФ России.

«Это настоящий праздник не только для верфи, но и для всего Российского флота, для всей страны, – так оценил значимость события заместитель Главнокомандующего ВМФ Виктор Бурсук. – Неатомные подводные лодки еще очень долго будут востребованы на всех флотах, занимая свою устойчивую нишу в Вооруженных силах Российской Федерации. И в развитии этого класса кораблей как на ближайшую, так и на долгосрочную перспективу, военно-морской флот делает ставку на прославленный завод – «Адмиралтейские верфи».

Новый модернизированный проект включает в себя современные комплексы, базирующиеся на целом ряде достижений в области подводного кораблестроения, которые, по мнению специалистов, уже в ближайшей перспективе дадут отечественным лодкам целый ряд преимуществ.

«Сегодня закладывается уже четвертая лодка данного проекта, – подчеркнул, выступая на торжественном

мероприятии, заместитель генерального директора ЦКБ МТ «Рубин» Валентин Фролов. – Это наглядное подтверждение того, что новая модернизированная серия состоялась. И в России, на «Адмиралтейских верфях», не только сохраняется, но и успешно развивается известная отечественная школа подводного кораблестроения,

новый директор ОАО «Адмиралтейские верфи» Александр Бузаков. «Закладка подводной лодки «Краснодар» – первое знаковое событие, которое происходит в год 310-летия нашего предприятия, – подчеркнул руководитель предприятия. – Юбилейный год будет очень насыщенным: нам предстоит сдать пять подводных лодок, три



**Памятное построечное удостоверение подписывают (слева направо) первый зам. генерального директора ОАО «ЦКБ МТ «Рубин» Валентин Фролов, зам. Главкома ВМФ РФ Виктор Бурсук, генеральный директор ОАО «Адмиралтейские верфи» Александр Бузаков, первый зам. председателя городской Думы Краснодара Виктор Тимофеев**

которая является залогом дальнейшего развития технологии строительства новейших подводных лодок будущего поколения. И нет сомнения, что наши подводные технологии смогут надежно обеспечить национальные интересы государства.

Уверенность в успешном строительстве «Краснодара» и всей серии подводных лодок выразил и генераль-

из которых – для ВМФ России. И я уверен, что «Адмиралтейские верфи» как всегда с честью справятся с поставленными задачами!»

### Основные характеристики подводной лодки пр. 636

|  |           |
|--|-----------|
| Количество торпедных (533-мм) аппаратов.....   | 6         |
| Суммарный боезапас ракет, торпед, мин, ед.....   | 4, 18, 24 |
| Надводное (нормальное) водоизмещение, т .....  | 2350      |
| Длина, м.....  | 73,8      |
| Ширина, м .....  | 9,9       |
| Скорость полного подводного хода, уз .....   | 20        |
| Дальность подводного плавания эконом. ходом, мили.....                                     | 400       |
| Дальность плавания в режиме РДП с усилленным запасом топлива со скоростью 7 уз, мили ..... | 7500      |
| Предельная глубина погружения, м.....  | 300       |
| Автономность, сут.....   | 45        |
| Экипаж, чел.....   | 52        |



**Благословение новому кораблю от настоятеля Николо-Богоявленского Морского собора отца Богдана**

Осенью на верфях будут заложены еще две подводные лодки этой серии – «Великий Новгород» и «Колпино».

Строительство серии подводных лодок для флота страны продолжается! ■



**В**озрождение судостроительной отрасли промышленности, обеспечение требований конкурентоспособности судов [1,2] на внутреннем и внешнем рынках, участие в тендерах на строительство новых заказов выдвигают перед судостроительными предприятиями ряд задач по достоверному прогнозу трудозатрат с учетом будущих условий строительства судов. Тенденции научно-технического развития определяют изменения не только вновь строящихся судов, но и техническое перевооружение производства, использование новых технологий, изменение организации работ, структуры предприятия и численного состава и квалификации работающих. Вот почему при прогнозе будущих трудозатрат необходимо учесть перечисленные факторы для получения достоверных оценок.

В соответствии с действующей нормативной документацией в судостроении норма трудоемкости определяется на стадии разработки предконтрактной документации на основании укрупненных нормативов трудоемкости, разработанных ОАО «Центр технологии судостроения и судоремонта» для различных типов судов и кораблей методом статистического анализа. Нормы рассчитываются группой главных технологов проектов, и ими распределяются по конструктивным группам, видам работ и цехам. В дальнейшем на основании разработанных специалистами Инженерного центра (по результатам статистического анализа) нормативов трудоемкость распределяется по конструктивно-технологическим элементам проекта в виде плано-учетных единиц работ (ПУЕр), таким образом, превращаясь в планоую. Управляют ею технологи-планировщики по заведованию.

В исследованиях [3] показано, что решение такой задачи может быть достигнуто при использовании следующего подхода:

1. В качестве основного показателя следует использовать прогнозное значение трудоемкости.

2. Динамику изменений условий производства во времени надо учитывать, используя удельные значения трудоемкости судов и судового оборудования, построенных за предыдущий 5–7-летний период на конкретном судостроительном предприятии, отнесенные к определяющим их классификационным, техническим и/или конструктивно-технологическим параметрам.

К определяющим параметрам следует отнести такие, которые наиболее прямым и тесным образом связаны с прогнозируемым показателем и одновременно известны, начиная с ранних этапов проектирования. Так, для танке-

## ПРОГНОЗ ТРУДОЕМКОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА КОНКУРЕНТОСПОСОБНЫХ СУДОВ С УЧЕТОМ УСЛОВИЙ ПРОИЗВОДСТВА

*Г. В. Герман, д-р техн. наук, СПбГМТУ,*

*В. А. Рогозин, канд. техн. наук, гл. технолог,*

*Г. А. Емельченков, зам. гл. инженера, ОАО «Адмиралтейские верфи»,  
контакт. тел. (812) 714 8597*

ров в состав анализируемых параметров может быть включено множество параметров  $\{X\}$ : дедвейт расчетный  $D$ , тыс. т; длина  $L$ , м; ширина  $B$ , м; высота борта  $H$ , м; грузоемкость  $G_r$ , м<sup>3</sup>; скорость эксплуатационная  $V$ , уз; мощность главного двигателя  $N$ , кВт; мощность танкера МДМ, кВт; водоизмещение порожнем  $D_{пор.}$ , т; суммарная производительность грузовых насосов  $Q$ , м<sup>3</sup>/ч; мощность электростанции  $N_{элст.}$ , кВт; производительность котельной установки  $\Pi$ , кВт; количество котлов  $N_{кот.}$ ; район плавания  $P_{плав.}$ ; материал корпуса  $M_{корп.}$ ; архитектурно-конструктивные отличия Арх. (например, наличие двойного дна); тип главного двигателя ГД.

Для судов других классов, типов и назначений, а также для автономных энергетических и опреснительных установок, буровых платформ множество параметров будет видоизменяться.

С целью выявления определяющих параметров следует оценить наличие и степень тесноты статистической линейной (нелинейной) связи [3] между трудоемкостью строительства  $T_{стр.}$  заказа на конкретном предприятии и множеством параметров  $\{X\}$ , выбрав по результатам оценки определяющие, значения которых могут быть известны или достоверно прогнозируемы, начиная с ранних этапов проектирования.

Для дальнейшего учета конкретных условий строительства судов (или иных заказов) следует рассчитать регрессионные временные зависимости оценки вида

$$\frac{T_{стр.}}{D}(\tau); \frac{T_{стр.}}{N}(\tau); \frac{T_{стр.}}{\Pi}(\tau), \quad (1)$$

где  $\tau$  – год начала строительства заказа, в соответствии с методикой [3].

Пример регрессионной зависимости представлен ниже:

$$\frac{T_{стр.}}{D}(\tau) = b_0 + b_1 \tau + b_2 \tau^2 + \dots \quad (2)$$

Рассчитанные по ранее построенным заказам зависимости (1) в виде (2), позволяющие учесть уровень технического оснащения производства, организацию работ, технологию и т. д., т. е. условия

выполнения работ, достигнутые на конкретном судостроительно-предприятии, и предлагаются для прогноза новых условий строительства или для оценки управления производством с целью повышения его эффективности.

Прогнозное значение трудоемкости строительства нового заказа может быть получено по техническим характеристикам судов, заданным в техническом задании (ТЗ) или известным на стадии предконтрактного проекта в виде:

$$T_{стр.нов.} = \frac{T_{стр.}}{D}(\tau) D_{нов.} + \frac{T_{стр.}}{N}(\tau) N_{нов.} + \frac{T_{стр.}}{\Pi}(\tau) \Pi_{нов.} \quad (3)$$

Параметры  $D_{нов.}$ ,  $N_{нов.}$ ,  $\Pi_{нов.}$  – определяющие, выбранные по результатам оценок.

Выражение (3) может содержать различное число оценок, построенных на непересекающемся множестве параметров судов. Усреднение оценок делением на число составляющих позволяет снизить систематическую погрешность оценки прогнозного значения трудоемкости вновь строящегося заказа. В приведенном в (3) примере построения расчетной зависимости систематическая погрешность оценки снижена в 3 раза.

Использование прогнозных значений оценок условий производства на момент начала строительства нового заказа соответствует тенденции эволюционного развития судостроительного предприятия и снижает случайную погрешность оценок.

Полученные в 2000 г. на основе предложенного подхода и разработанных методик оценки трудоемкости электромонтажных работ для одного из цехов предприятия «Электрорадиоавтоматика» по построенным и строящимся заказам показали, что погрешность оценки не превысила 1%! Оценка выполнена специалистами судостроительного предприятия. Предложенный подход удовлетворяет системному требованию учета пространственных параметров и времени при создании конкурен-

госпособной наукоемкой продукции – судов и предлагается для использования при любом уровне декомпозиции судостроительного производства и судов на различных этапах жизненного цикла. Наличие временных регрессионных зависимостей вида (2) позволяет отказаться от необходимости корректировки расчетных зависимостей по статистическим данным каждые пять лет. Выборки определяющих параметров, известных на этапах технического задания и предконтрактного проекта, и расчеты необходимых зависимостей позволяют достоверно прогнозировать будущие объемы работ и планировать должным образом судостроительное

**П**роектная стадия – самый важный этап жизненного цикла любого изделия, в том числе и судна. В современном судостроении на этой стадии определяют основные технические характеристики, архитектуру, конструкцию, функции, состав оборудования, применяемые материалы и технологии, стоимость строительства и дальнейшей эксплуатации, выполняют все процедуры оптимизации для достижения высшего качества проекта. Стоимость проектных работ составляет от 8 до 15% от стоимости судна в зависимости от его типа, назначения и сложности, однако влияние качества проекта на стоимость строительства и эксплуатации достигает иногда до 30–40%. Именно на стадии проектирования требуются наибольший интеллектуальный ресурс и наиболее системный подход к выполнению работ для достижения оптимального результата.

С точки зрения судовладельца лучшего качества будет тот проект, который обеспечит максимально возможную эффективность работы судна при минимальных эксплуатационных затратах, а с точки зрения судостроительной компании лучшим проектом будет тот, который обеспечит наименьшие строительные затраты и наименьшую стоимость материалов и комплектующих. Эти задачи оптимизации должен решать проектант судна на всех стадиях проектирования, основываясь на условиях строительства и эксплуатации.

Каждая из этих задач может быть решена тогда, когда заказчик предоставляет проектанту полноценную модель эксплуатации судна, а судостроитель – организационно-технологическую модель работы судостроительного предприятия. В реальности редко кто

производство в обеспечение создания конкурентоспособных заказов.

Таким образом, использование предложенного подхода позволяет повысить достоверность прогноза значений трудоемкости при новом строительстве судов, значительно снизив погрешность оценки и использовать разработанные зависимости для адекватного учета условий производства.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Герман Г.В. Методологические основы постановки и решения задач совершенствования технологий судостроения и судового машиностроения. – Тез. докл. II Росс. науч.-практ. конфер. судостро-

ителей «Единение науки и практики 2010», СПб., 14–15 октября 2010 г.

2. Александров В.Л., Перельгин А.В., Соколов В.Ф. Судостроительное предприятие в условиях рынка. – СПб., Судостроение, 2003.
3. Герман Г.В. Методология управления технологией монтажа судового электрооборудования. – Дисс. на соискание уч. степени д.т.н., СПб., 2003.
4. Машиностроение. Энциклопедия. Т. IV. Корабли и суда. – Кн. 2. Проектирование и строительство кораблей, судов и средств океанотехники. – СПб.: Политехника, 2004.
5. Рогозин В.А., Рябенкий Л.М. Создание системы автоматизированного управления трудоемкостью на ФГУП «Адмиралтейские верфи» // Судостроение. – 2003. – №2. ■

## ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СОВРЕМЕННОГО ПРОЕКТА СУДНА

*И. В. Щербаков, ген. директор,  
Г. В. Тарица, канд. техн. наук, советник ген. директора,  
ООО «ПКБ «Петробалт»,  
И. Р. Багнюк, аспирант СПбГМТУ,  
контакт. тел. (812) 322 6607*

из заказчиков может представить полную модель эксплуатации будущего судна и ограничивается техническим заданием на проектирование. Более детальная модель эксплуатации разрабатывается проектантом и согласуется с заказчиком на стадиях технического предложения или эскизного проекта.

Организационно-технологическая модель работы судостроительного предприятия формализована только на тех предприятиях, на которых полноценно описаны технико-технологические процессы и внедрена система управления ресурсами предприятия (ERP система). Во всех остальных случаях проектанту предоставляется только инструкция на выпуск рабочей конструкторской и технологической документации и ограничительные перечни по применяемым материалам и комплектующим. В таких случаях технологическая оптимизация конструктивных элементов судна выполняется на стадии разработки рабочей конструкторской и технологической документации после согласования документации технического проекта с заказчиком, классификационным обществом и другими надзорными органами, что затрудняет внесение значительных изменений в проект, хотя

эти изменения признаются как более близкие к оптимальным с точки зрения судостроительной компании.

Часто из-за технологических ограничений оптимизация конструкции судна с точки зрения технологичности может привести к некоторым ухудшениям проектных характеристик, заложенных в технический проект, чаще всего веса судна порожнем, что вынуждает проектанта закладывать при разработке технического проекта определенные запасы по нагрузкам масс на технологическую оптимизацию проекта. В некоторых случаях технологические ограничения верфей приводят к ухудшению таких характеристик судна, как скорость, маневренность, остойчивость и др. Приемлемость снижения таких характеристик определяет только заказчик судна, который решает допустимость подобного компромисса на основании экономических или сроков побуждающих причин.

Существует много случаев, когда суда, построенные по одному и тому же проекту на разных верфях, имели более низкий показатель рентабельности или худшие технические и эксплуатационные характеристики из-за ограничений технологии строительства.

Ни одно конструкторское бюро, имея даже очень хороший прототип проекта, не станет просто повторять принятые технические решения, а будет стремиться к его улучшению, однако степень этого улучшения может и должна быть оценена компетентно, как судовладельцем так и судостроительной верфью.

К большому сожалению, в практике российского судостроения отсутствует системный подход к определению комплексных численных показателей качества проекта судна по техническим, технологическим и эксплуатационным критериям, и оценка проекта, если проводится, то лишь по некоторым выборочным техническим или эксплуатационным критериям. Чаще всего такая оценка является субъективной, так как сам выбор критериев оценки – субъект отдельной точки зрения. В основном в качестве критериев оценки приводят показатели экономического характера, рассматриваемые в определенный период. В таких случаях скрупулезная работа конструктора над созданием какого-то более совершенного элемента судна или улучшением технических характеристик или созданием более технологичных конструкций не всегда оценивается по достоинству. Объективная оценка глубины проработки проекта и достигнутого результата возможна только при наличии формализованного широкого перечня численных показателей качества, принятых за эталон на данный момент. Только в таких случаях можно объективно оценить работу проектной организации, целью которой было создание оптимального для данного времени судна.

Первые работы по оптимизации судов были выполнены И. Г. Бубновым. В 1916 г. в его докладе в Обществе морских инженеров «Об одном методе определения главных размеров проектируемого судна» [1] был представлен метод оптимизации в линейной формулировке, суть которого заключался в нахождении оптимального водоизмещения, стоимости или эксплуатационных расходов нового судна путем приращений размеров судна прототипа. Этот метод применяется и сейчас практически всеми проектантами на самой начальной стадии проектирования.

Наиболее распространенным на практике проектирования судов является вариантный метод оптимизации, предложенный В. Л. Поздониным. Суть этого метода заключается

в выборе наилучшего варианта судна из ряда заранее рассчитанных вариантов с систематически меняющимися элементами.

Многие отечественные и зарубежные работы были направлены на создание математических моделей оптимизации элементов судов вариантным методом с использованием ЭВМ. Одна из первых отечественных моделей, предназначенная для оптимизации элементов сухогрузных судов, танкеров и судов для перевозки навалочных грузов, была разработана В. М. Пашиным [2], где в качестве критерия эффективности использовались удельные приведенные затраты.

В настоящее время автоматизация всех этапов проектирования, подготовки производства и управления производственными процессами стала не только реальной, но и необходимой для определения и удержания своих позиций на мировом и уже на внутреннем рынке.

Проектные организации, претендующие на лидирующие позиции на рынке, все в большей степени применяют различные готовые программные продукты для высококачественной проработки проектных решений на стадии исследовательского проектирования, проведения глубокого инженерного анализа и процедур оптимизации в процессе разработки технических проектов и рабочей конструкторской документации.

Дополнительно к давно предлагаемому на рынке стандартным пакетам NAPA, ANSYS, NASTRAN и другим в течение последних лет появились разработанные при участии научно-исследовательских подразделений GL (Germanischer Lloyd), DNV (Det Norske Veritas), Крыловским государственным научным центром и другими проектными и научными организациями, различные автоматизированные расчетные и проектные модули, в которых уже заложены критерии оптимизации или в которых проводится программная оптимизация проектных решений. Использование таких программных средств позволяет осуществлять не только глубокую и широкую оптимизацию конструкции судна, но и постепенный переход к автоматизированному интеллектуальному проектированию судов. Это облегчает инженерный процесс создания судна, сокращает сроки и кардинально повышает качество проектирования. Автоматизация рутинных задач позволяет инженерам сконцентрироваться на творческой работе.

В настоящее время большинство судов в мире проектируются в различных CAD/CAM/CAE системах, в которых не только выполняются проектные работы, но также выпускается технологическая документация и формируется вся информация для управления процессами строительства судна. Большинство CAD/CAM/CAE систем могут быть настроены на технологические особенности завода-строителя и позволяют выполнять технологическую оптимизацию конструкции судна на этапе разработки этой документации. Найденное оптимальное конструкторское решение в таких случаях будет интегрировано в систему и применено для всего судна, а не только для отдельной его части. Критериями такой технологической оптимизации могут быть приняты показатели производительности, ритмичной занятости оборудования и персонала, сроки и стоимость строительных работ и др.

Любой конструктор считает себя творцом и в своей работе всегда стремится оценить свое творчество в сравнении со своими коллегами. Ноу-хау любого конструкторского бюро является такая организация исследовательских и проектных работ, которая обеспечивает максимальное использование приобретенных программных и технических средств, накопленного опыта и творческого потенциала конструкторов для достижения наилучшего качества разрабатываемых проектов, что позволяет утверждать о создании своей школы проектирования. Всесторонняя объективная оценка разработанных и разрабатываемых проектов, основанная на комплексных численных критериях – важный фактор для позиционирования конструкторского бюро в судостроительном сообществе и определения направлений дальнейшего развития с целью поддержания конкурентоспособности на рынке.

Разработка единой системы численных критериев качества проектов является задачей чрезвычайно важной и актуальной, особенно при выполнении государственных заказов на строительство новых судов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бубнов И. Г. Об одном методе определения главных размеров проектируемого судна: Избр. труды. – Л.: Судпромгиз, 1956.
2. Пашин В. М. Оптимизация судов. – Л.: Судостроение, 1983. ■

**М**ноголетний опыт судостроительной фирмы «Алмаз», высокое качество исполнения работ, стабильное финансовое положение позволяют ОАО «Судостроительная фирма «Алмаз» четко и в срок выполнять заказы на постройку кораблей и катеров для охраны рубежей нашей страны.

24 марта 2014 г. на «Алмазе» был спущен на воду пограничный сторожевой корабль пр. 22460, зав. № 505, построенный на предприятии по заказу Пограничной службы ФСБ России.

ОАО «Судостроительная фирма «Алмаз» планирует сдать этот заказ в октябре 2014 г., и это почти на год раньше установленного в госконтракте срока.

Пограничный сторожевой корабль пр. 22460 спроектирован Северным проектно-конструкторским бюро (г. Санкт-Петербург) и предназначен для охраны государственной границы и территориального моря,

## СПУСК НА ВОДУ СЕРИЙНОГО ПСКР ПРОЕКТА 22460

ОАО «Судостроительная фирма «Алмаз»,  
контакт. тел. (812) 235 5148



а также для борьбы с терроризмом и пиратством.

Водоизмещение корабля – 630 т, скорость хода – 30 уз, дальность плавания – 3500 миль, автономность – 30 сут., длина – 62,5 м.

Корабль оборудован самыми современными средствами навигации и связи, имеет на борту вертолет, систему автоматизации управления кораблем.

В настоящее время ОАО «Судостроительная фирма «Алмаз» продолжает строительство серии кораблей пр. 22460, зав. № 506, 507, 508 для Пограничной службы ФСБ России, а также строит серию из девяти морских самоходных плавучих кранов грузоподъемностью 35–150 т для Министерства обороны Российской Федерации. ■



Одной из весьма серьезных проблем современного отечественного военного кораблестроения, продуманному и взвешенному решению которой препятствует целый ряд обстоятельств объективного и субъективного характера, является излишнее разнообразие принимаемых к строительству небольшими сериями проектов боевых кораблей среднего и малого водоизмещения. Стремление к сокращению номенклатуры и унификации базовых платформ, о котором периодически заявляет командование ВМФ, вступает в противоречие с принимаемыми на практике решениями.

Одновременно проекты кораблей, изначально задуманные лишь в качестве экспортных предложений (что, естественно, накладывает на них некоторые ограничения), неожиданно, без всякого анализа возможных негативных последствий и мотивированной оценки, оказываются выбранными ВМФ в качестве базиса для дальнейшего обновления корабельного состава.

Между тем в нашей стране имеется достаточный опыт реализации дальновидных военно-технических решений в области создания боевых кораблей малого водоизмещения, когда в основу закладывалась унифицированная «платформа», существенно повышающая эффективность и снижающая стоимость решения целого ряда задач, включая и планируемый на перспективу экспорт современной военно-морской техники.

Четыре десятилетия тому назад специалисты ЦМКБ «Алмаз» разработали проект тактико-технического задания, предложив создать в едином корпусе целое семейство боевых катеров различного назначения — ракетных, сторожевых и противолодочных с газотурбинной, дизельной и дизель-газотурбинной энергетикой. В 1998 г. создание системы боевых катеров типа «Молния» отмечено премией Правительства РФ. В коллективе ЦМКБ лауреатами стали главный конструктор системы боевых катеров Е.И. Юхнин, начальник — генеральный конструктор ЦМКБ А.В. Шляхтенко, главный конструктор В.Н. Устинов, его заместитель Е.Ф. Волкович и заместитель генерального конструктора В.И. Портных.

В отечественном кораблестроении унификация по корпусу ранее проводилась для кораблей (катеров) в пределах «скоростных групп», т.е. для тех утвержденных к серийному строительству кораблей, к которым предъявлялись примерно одинаковые требования по скорости полного хода, исходя из которых оптимизировались обводы. При этом материал, конструкция и метод формирования корпуса определялись задачей крупносерийного строительства. Более сложной становится

## ПРОТИВОЛОДОЧНЫЕ «МОЛНИИ»

Д. Ю. Литвинский, *вед. инженер* ОАО ЦМКБ «Алмаз»,  
контакт. тел. (812) 369 5598

задача, когда снижение расходов требуется уже на стадии проектирования, причем в пределах водоизмещения 600-800 т для кораблей нескольких классов, т.е. различного назначения.

Осуществимость унификации по корпусу определяется возможностью создания «единого» корпуса с такими обводами, которые удовлетворяют требованиям по скорости полного хода как для скоростных (35 уз и более), так и для относительно тихоходных (до 18 уз при  $F_{r_v} < 1,0$ ) кораблей, обеспечивая при этом и другие необходимые мореходные качества. Форма корпуса тихоходных кораблей ранее принималась круглоскулой, что обеспечивало необходимую скорость полного хода при приемлемых затратах мощности, в том числе на малых ходах, и выполнение требований по устойчивости движения и управляемости. Однако использование круглоскулых обводов для движения на относительных скоростях со значениями  $F_{r_v} > 1,0$  неприемлемо, поскольку с увеличением скорости сопротивление движению возрастает по параболическому закону. Поэтому форма корпуса скоростных кораблей, как правило, принималась комбинированной — остроскулой на большей части длины корпуса с лекальными обводами носовой оконечности.

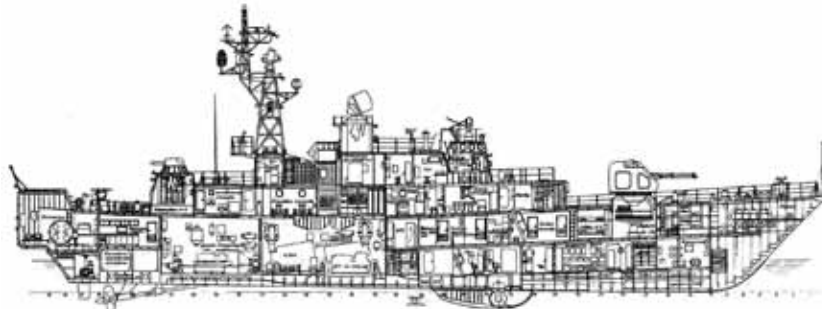
Результаты комплекса работ, проведенных ЦМКБ «Алмаз» в 2000–2007 гг., — модельные испытания для определения оптимальных по сопротивлению, управляемости и мореходным качествам обводов корпуса для различных скоростных режимов и проектные проработки кораблей различного назначения — показали, что создание «унифицированных обводов» для обеих групп кораблей ближней морской зоны возможно и целесообразно.

В современных условиях для понимания важности проблемы и поиска возможных вариантов ее решения полезно напомнить о ранее проделанной работе и оценить достоинства и недостатки в некоторых аспектах реализации концепции «базовой платформы».

Проектирование противолодочного варианта «Молнии», выполнявшееся в середине 70-х гг. XX в., было обусловлено стремлением минимизировать водоизмещение и стоимость кораблей, предназначенных для использования в прибрежных акваториях закрытых морей — Балтийского и Черного. Это отвечало сложившейся к концу десятилетия концепции развития двух подклассов малых противолодочных кораблей, среди которых тогда «господствовал» «Альбатрос». В процессе последовательных усовершенствований водоизмещение последних модификаций малых противолодочных кораблей (МПК) пр. 1124 вплотную подошло к тысяче тонн, и флот хотел иметь вдвое меньший корабль с такой же эффективностью.

Предложенная ЦМКБ «Алмаз» и поддержанная соответствующими решениями на государственном уровне концепция создания семейства малых боевых кораблей различного назначения «в едином корпусе» не вполне вписывалась в индивидуальные (по специализации кораблей) и противоречивые требования всех заказчиков. Для ракетного варианта требовалась высокая скорость полного хода, достижение которой было возможно только с использованием ГТД, как и для противолодочных кораблей с опускной ГАС (для максимально быстрого «подскока» к обнаруженной подводной лодке на дальность применения оружия). Это требовало комбинированной ГЭУ по схеме CODAG, но советская промышленность не выпускала подходящих быстроходных дизелей, сочетание мощности и массогабаритов которых позволяло бы вписаться в объем машинного отделения в корпусе «Молнии». Поэтому использовали освоенные промышленностью дизели М-507, созданные для малого ракетного корабля «Овод», хотя режим их эксплуатации на МПК значительно отличается от такового на МРК.

Для Морской пограничной охраны КГБ СССР, у которой в то время появились новые задачи по охране 200-мильной



Продольный разрез малого противолодочного корабля пр. 12412

экономической зоны, весьма неприятным «нюансом» стала необходимость иметь на новых пограничных кораблях дорогостоящий и не нужный для повседневной службы ГАК «Бронза» (наличием которого, собственно, и обосновывалась тогда необходимость строительства для флота первой серии новых МПК, остальной состав противолодочного вооружения которых практически пока был ничем не лучше, чем у предшественников-ветеранов). Да и автоматическая универсальная 76-мм артустановка была для морских пограничников, в принципе, избыточна.

Был у погранично-противолодочной «Молнии» еще один недостаток, с которым тогда мало считались. Как и в пр. 205П, обводы подводной части корпуса «Молнии» проектировались и оптимизировались для достижения и длительного поддержания максимальных скоростей (более 40 уз). А специфика службы морских пограничников связана с продолжительным плаванием в режимах малых и средних ходов, что для скоростного корпуса сопряжено с повышенным сопротивлением движению. Однако Морпогранохране КГБ СССР пришлось смириться с государственной необходимостью создания резерва противолодочных сил на случай войны, и одновременно с МПК для ВМФ началось строительство пограничных «Молний» (головной «Георгий Гнатов» сдали в 1979 г.). Строились они одновременно на двух предприятиях: для европейского региона — на Ярославском (10 кораблей), для Дальнего Востока — на Владивостокском судостроительном заводе (9 кораблей).

Рамки одной публикации не позволяют описать все нереализованные варианты катеров семейства «Молнии». Скажем лишь, что флотской противолодочной «Молнии» очень не повезло — к тому времени, когда должно было начаться серийное строительство модификации 12416, в которой планировалось реализовать наиболее перспективные образцы противолодочного и радиоэлектронного вооружения, Советский Союз уже перестал существовать.

Экспортная модификация противолодочной «Молнии», которую рассчитывали предложить флотам дружественных Советскому Союзу государств, нуждающимся в замене ранее поставленных им кораблей проекта 204 разработки Зеленодольского ПКБ, создавалась на основе проекта пограничного сторожевого противолодочного корабля и первоначально (1979 г.) практически не отличалась от него.

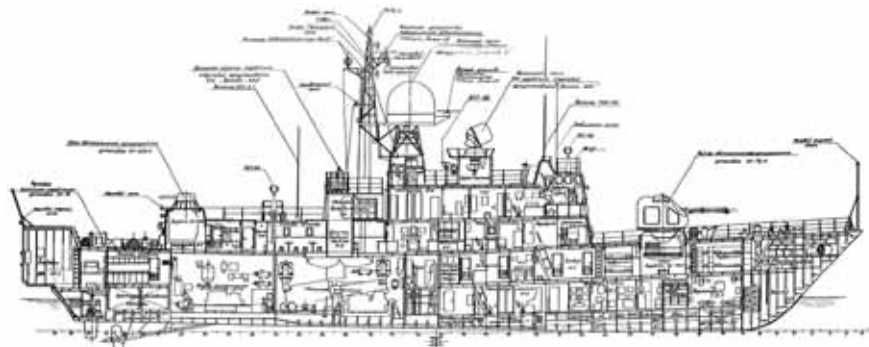
Назначение «сторожевого противолодочного катера пр. 1241ПЭ» определялось следующим образом: «оборона кораблей и судов на якорных стоянках и переходе морем вблизи своего побережья от атак торпедных и артиллерийских

катеров, а также авиации, действующей с малых высот. Несение противолодочного и корабельного дозора на входе и выходе в пунктах постоянного и маневренного базирования сил ВМФ».

«Оборону кораблей и судов от авиации» посредством ПЗРК следует, конечно, отнести скорее к маркетинговым ходам, обусловленным желанием выгоднее продать комплекс «Стрела», нежели к обоснованному расширению круга задач корабля.

**Основные тактико-технические элементы сторожевого противолодочного катера пр. 1241ПЭ (декабрь 1979 г.)**

|  |                          |
|--|--------------------------|
| <b>Главные размерения, м:</b>  |                          |
| длина по КВЛ .....   | 49,5                     |
| длина наибольшая .....   | 57,6                     |
| ширина по КВЛ .....  | 8,74                     |
| ширина наибольшая .....  | 10,20                    |
| осадка средняя при полном водоизмещении .....                              | 2,20                     |
| осадка габаритная .....  | 4,00                     |
| <b>Водоизмещение, т:</b>   |                          |
| стандартное .....  | 399                      |
| полное .....   | 455                      |
| <b>Главная энергетическая установка .....</b>                              |                          |
| ..... 2×10 000 л.с. дизели М-507   |                          |
| <b>Скорость, уз:</b>   |                          |
| полная .....   | 35                       |
| экономическая .....  | 14                       |
| <b>Дальность плавания (запас топлива – 50 т) эконом. ходом, мили .....</b> |                          |
| .....  | 1600                     |
| <b>Электроэнергетическая установка: .....</b>                              |                          |
| ..... 2×200 кВт ДГ   |                          |
| ..... 1×100 кВт ДГ   |                          |
| <b>Автономность по запасам провизии, сут. ....</b>                         |                          |
| .....  | 10                       |
| <b>Экипаж (в том числе офицеров), чел. ....</b>                            |                          |
| .....  | 36 (5)                   |
| <b>Вооружение:</b>   |                          |
| артиллерийское: .....  | 1×1 76,2-мм АК-176       |
| .....  | (152 выстр.)             |
| .....  | 1×6 30-мм АК-630         |
| .....  | (2000 выстр.)            |
| .....  | РЛСУ «Вымпел»            |
| противолодочное: .....   | 4×1 400-мм ТА            |
| .....  | 2 РБУ-1200 (30 РГБ-12)   |
| .....  | 2 БСБ (12 ГБ)            |
| зенитное ракетное: .....   | 1×4 ПУ ПЗРК «Стрела-3»   |
| .....  | гидроакустическое: ..... |
| .....  | ГАК «Бронза»             |



**Продольный разрез одного из вариантов МПК пр. 1241ПЭ**

Причины, по которым экспортная противолодочная «Молния» в течение пяти с лишним лет не находила зарубежных покупателей, требуют специального рассмотрения, однако было очевидно, что даже верные союзники СССР по Варшавскому договору уже не удовлетворялись лишь тем, что им предлагал «старший брат».

В 1984 г. проект корабля, именовавшегося уже малым противолодочным, переработали, в соответствии с про-

анализированными требованиями потенциальных заказчиков, существенно изменив состав противолодочного и радиоэлектронного вооружения и энергетическую установку.

Новая энергетика в наибольшей степени отвечала эксплуатационным условиям в тропиках и требованиям заказчиков к режимам хода. С главными двигателями М521 завода «Звезда» в тропическом исполнении, развивавшими мощность по 8600 л.с., расчетная скорость полного хода первоначально снизилась до 28 уз. Но с двумя доработанными двигателями М521-ТМ-5 общей мощностью 17 330 л.с. корабли развивали 32 уз. Дальность плавания 20-узловым ходом достигла 2200 миль, 12-узловым – 3000 миль.

Электроэнергетическую систему приняли в составе двух ДГР2А 200/1500 мощностью 180 кВт и одного ДГФ2А 1000/1500 мощностью 95 кВт.

Вместо 400-мм противолодочных торпед СЭТ-40 решили использовать калибр 533,2 мм. Два двухтрубных аппарата ТР-236-02 позволяли применять как кислородные торпеды 53-65КЭ, так и электрические СЭТ-65Э. Боевое применение противолодочного оружия по данным от гидроакустического комплекса МКГ-345 с подкильной и опускаемой антеннами должно было осуществляться с использованием комплекса приборов СУ-580Э.

На корабле появилась РЛС обнаружения воздушных и надводных целей МР-352 «Позитив-Э» и средства РЭБ – две 32-ствольные пусковые установки пассивных помех ПК-16 с общим боезапасом 64 турбореактивных снаряда. Управление автоматическими модернизи-

рованными артустановками АК-176М и АК-630М, боезапас которых увеличили на принимаемые в перегруз сто два 76,2-мм и тысячу 30-мм выстрелов, осуществлялось от РЛС «Вымпел-АМЭ». Для самообороны корабля от воздушного противника предназначались 16 комплектов ПЗРК «Стрела-3» применяемые с наводящейся оператором в двух плоскостях пусковой установки ФАМ-14.

Экипаж корабля увеличился до 41 человека.

В результате всех изменений стандартное водоизмещение корабля увеличилось до 444 т, полное – до 495 т, средняя осадка при полном водоизмещении составила 2,35 м.

В 1987 г. МПК пр. 1241ПЭ предложили ВМФ Индии, был подписан соответствующий контракт, и в 1990–1991 гг. Индия получила четыре таких корабля: P33 «Abhay» (передан в марте 1989 г.), P34 «Ajay» (январь 1990 г.), P35 «Akshay» (декабрь 1990 г.) и P36 «Agray» (январь 1991 г.).



**Корабли пр. 1241ПЭ в достройке**

Экспортные противолодочные «Молнии» строились также для Ливии, Ирака, Кубы и Болгарии\*.

МПК-146 передан в сентябре 1989 г., МПК-124 – в декабре 1990 г.

Продолжая с помощью России быстрыми темпами строить современный океанский ВМФ, радикально обновляя главную надводную составляющую – авианосные силы и планомерно пополняя боевой состав кораблями охраны океанской зоны, командование ВМФ Индии не забывает о строгом соблюдении принципа сбалансированности корабельного состава по задачам. Поэтому противолодочные корабли ныне – среди основных приоритетов. С 2005 г. на национальных верфях ведется серийное строительство корветов водоизмещением около 2500 т по пр. 28 (тип «Kamorta»). Следующим плановым пополнением противолодочных сил станут малые противолодочные корабли, которые заменят последние корабли советской постройки.

Опыт длительной эксплуатации «алмазовских» МПК, несомненно, стал базисом при выработке специалистами ВМФ Индии технических требований к новому поколению противолодочных кораблей прибрежной зоны.

На сайте одного из ведущих судостроительных предприятий Индии «Garden Reach Shipbuilders & Engineers Ltd.» размещен документ №GRSE/GMD/ASW-SWC/13/01, сообщающий о заинтересованности этой компании в деловом партнерстве для последующего совместного участия в тендере на пос-

тройку малого противолодочного корабля (Anti Submarine Warfare Shallow Water Craft – ASW-SWC). В документе излагаются основные запросы индийской верфи к проектному предложению потенциального участника тендера, в приведенной в приложении краткой спецификации приведены основные оперативно-тактические и технические требования к будущему кораблю.

Необходимый ВМФ Индии корабль предназначен для выполнения противолодочных операций в прибрежной зоне

– в пределах 200 миль от пункта базирования, а также для ведения «боевых действий малой интенсивности» и постановки мин.

Для осуществления эффективного поиска подводных целей корабль должен иметь оптимально размещенную поисковую гидроакустическую станцию (ГАС) с приемоизлучающей антенной диаметром не более 1200 мм и низкочастотную ГАС с буксируемой антенной. Уничтожение подводного противника будет осуществляться РБУ и противолодочными торпедами, размещенными в трехтрубных



**Проектное предложение МПК**

аппаратах. Для использования противолодочного вооружения индийского производства (РБУ и торпеды) необходимо предусмотреть единую автоматизированную систему управления стрельбой. Для выполнения минных постановок на верхней палубе должны быть оборудованы минные рельсы. Оборонительное артиллерийское вооружение (калибра 12,7 мм) должно иметь оптико-электронную систему дистанционного управ-

ления. Высокие требования предъявляются к уровню автоматизации систем управления боевыми и техническими средствами корабля, а также к обитаемости – полное кондиционирование корабельных помещений в тропических условиях со 100% резервированием.

Энергетическая установка МПК должна обеспечивать полный ход не менее 25 уз при полном водоизмещении и дальность плавания 14-узловым ходом не менее 1800 миль.

Главные размерения и водоизмещение корабля ограничены техническим заданием: длина – не более 70 м, осадка (без обтекателя подкильной ГАС) – не более 2,70 м, полное водоизмещение – не более 700 т.

В соответствии с действующими и находящимися в стадии разработки и утверждения нормативными документами индийского правительства и министерства обороны серийное строительство боевых кораблей для ВМФ Индии должно осуществляться только на национальных предприятиях с максимальным вовлечением в производственный процесс местных производителей. Такая политика государства означает, что процесс изготовления ВиВТ максимально перемещается на территорию Индии, а участие иностранных компаний возможно лишь в форме делового партнерства с национальными производителями.

Всем упомянутым требованиям удовлетворяет проектное предложение МПК, разработанное при участии и по заданию российского государственного посредника в ОАО ЦМКБ «Алмаз», а по некоторым техническим параметрам проект превосходит задание.

Корабль с заданным составом вооружения водоизмещением около 620 т с двухвальной дизельной ЭУ (два двигателя мощностью по 5920 кВт) будет развивать скорость более 26 уз и иметь дальность плавания экономическим ходом не менее 2200 миль. Кроме предусмотренных боевых средств, на корабле будет возможно базирование в палубном ангаре и использование с кормовой ВПП двух ДПЛА. ■

\* МПК-146 передан в сентябре 1989 г., МПК-124 – в декабре 1990 г.

**2014** год в отечественном военном судоремонте отмечен несколькими памятными датами. 60 лет назад – 10 апреля 1954 г. – решением руководства страны впервые было принято решение о создании системы военного судоремонта. Это решение было вызвано рядом причин.

1. Корабельный состав флота за период Великой Отечественной войны увеличился. Например, на Северном флоте к 1945 г. количество кораблей возросло более чем вдвое (новостройки, поставки по ленд-лизу и переоборудованные по мобилизации гражданские суда), а к 1947 г. добавилось еще 175 трофейных кораблей.
2. Напряженная эксплуатация и аварижно-боевые повреждения в годы войны, истечение межремонтных и полных сроков службы большинства кораблей и судов обеспечения, перебазирование флотов в необорудованные и необеспеченные инфраструктурой базы, значительное сокращение в результате войны производственных и трудовых ресурсов предприятий.
3. Перегруженность предприятий министерств судостроительной промышленности, морского и речного флота, рыбного хозяйства программой нового строительства и восстановлением собственного судового состава.
4. Неудовлетворительное исполнение ежегодных государственных планов увеличения судоремонтных мощностей военно-морских сил.
5. Имеющиеся судоремонтные мощности покрывали менее 50% потребностей флота. И, как следствие, нарастала доля небоеспособных кораблей и судов флота.

В рамках создания системы военного судоремонта в структуре Военно-морского министерства было сформировано Главное управление судоремонтных заводов (ГУ СРЗ). Оно формировалось как единый организм, которому напрямую подчинялись основные судоремонтные заводы, предприятия по изготовлению запасных частей и ремкомплектов, а также базы технического имущества. Кроме того, в его составе предусматривалось создание отраслевых конструкторско-технологических организаций в центре и районах базирования флота.

Наделение ГУ СРЗ правами промышленного главка позволило значительно увеличить возможности по расширению производственной базы, привлечению кадров, основанию эффективной межзаводской кооперации и обеспечению материалами и запчастями.

Именно целостность отрасли являлась залогом ее эффективного функционирования.

## К 60-ЛЕТИЮ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ ВОЕННОГО СУДОРЕМОНТА

*Г. Н. Муру, канд. техн. наук, ген. директор, ОАО «51 ЦКТИС»  
контакт. тел. (812) 315 4945*

К концу 80-х гг. ГУ СРЗ развилось в полноценную промышленную отрасль, в составе которой на 38 предприятиях трудилось более 50 000 человек.

Задачи, стоящие перед судоремонтной отраслью ВМФ по удовлетворению потребностей флота в комплексном ремонте и доковании кораблей, выполнению работ по подготовке кораблей и судов к несению боевой службы, достойно решались в пределах выделенных ассигнований на эти цели. Во многом успехи отрасли обеспечивались за счет разработки и проведения единой научно-технической политики, углубления специализации и кооперирования, рационального размещения и развития производства, перспективного развития технических средств и организации прогрессивного нормирования трудовых и материальных затрат.

Как показало время, решение о создании системы судоремонта полностью себя оправдало.

До сих оперативный ремонт кораблей и судов в районах базирования флота обеспечивается предприятиями, создание и развитие которых проходило в рамках ГУ СРЗ. Высокий профессионализм специалистов позволяет им успешно руководить ремонтными предприятиями, входящими теперь в состав «Объединенной судостроительной корпорации» и «Оборонсервиса». Несмотря на то, что в ходе реформирования Вооруженных сил в 2009 г. Управление СРЗ ВМФ было ликвидировано, традиции, заложенные отцами-основателями, сохраняются.

В числе предприятий, созданных 60 лет назад в рамках системы военного судоремонта, было Центральное конструкторское бюро ВМФ, сегодня это «51 Центральный конструкторско-технологический институт судоремонта» (51 ЦКТИС). Институт создавался как отраслевой центр обеспечения всех видов подготовки предприятий ГУ СРЗ ВМФ к ремонту кораблей, судов и иных плавсредств. Принципиальным отличием условий работы института сегодня является отсутствие в отрасли органов, формирующих единую техническую политику. Это во многом отражается и на деятельности судоремонтных предприятий различной мощности и форм собственности.

В качестве сохранения и развития заложенных в систему судоремонта, норм и правил институт осуществляет деятельность по комплексному конструкторско-технологическому сопро-

вождению ремонтно-восстановительных работ на кораблях и судах ВМФ.

У нас ежегодно действуют договорные отношения с 20–30 предприятиями, осуществляющими те или иные виды технического обслуживания и ремонта корабельной техники. Мы оказываем услуги и выполняем работы как по конструкторско-технологическому сопровождению выполняемых предприятиями работ, так и по обеспечению заводов всеми видами документации.

Надо признать, что уже несколько лет практически все предприятия – исполнители ремонта корабельной техники загружены заказами более чем на 100%. Вместе с тем сегодня основной особенностью ремонтно-восстановительных работ является отсутствие системности, плановости и, как следствие, характеризуются недостаточностью подготовки производства, несвоевременным изучением и слабым использованием организационно-технической и конструкторской документации. Отступление от этих норм и правил ведет к увеличению сроков и стоимости работ, страдает качество.

Декларации о необходимости создания органа, обеспечивающего разработку и проведение единой научно-технической политики в области ремонта, восстановления и модернизации корабельной техники, пора реализовывать. Это позволит:

- определить специализацию предприятий;
- перейти от решения разовых синопических задач к планомерной подготовке производства;
- актуализировать идеологию построения ремонтной документации;
- возобновить разработку и поставку ремонтно-технологического оборудования нового поколения;
- обеспечить централизованное обучение персонала ремонтных предприятий в организациях-проектантах и у изготовителей комплектующих изделий;
- обеспечить плановые проверки освоения ремонта техники и контроля технологической дисциплины непосредственно на предприятиях.

Востребованность этих мероприятий очевидна. Реализация их устранил бы большое количество препятствий на пути поддержания боеготовности флота.

### ЛИТЕРАТУРА

1. История отечественного военного судоремонта. – Т. 3. – СПб.: Гангут. ■



# ПРИНЦИПЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗОК НА РУЧНЫХ ОРГАНАХ УПРАВЛЕНИЯ

**В. Е. Лоскутов**, инженер-конструктор 2-й категории,  
**А. А. Арутюнян**, канд. техн. наук, доцент, директор,  
 ЗАО «ЦНИИ СМ»,  
 контакт. тел. (812) 640 1051

Так как при конструировании ручных органов управления необходимо, чтобы величина силы (момента), развиваемых оператором при пользовании ими (нажатии на кнопку, повороте рукоятки и т. д.) не превосходила допустимую, возникает необходимость вычислить усилия, которые следует приложить оператору.

В простых случаях значения необходимых нагрузок находят путем умножения жесткости пружины соответственно при сжатии–растяжении или кручении на величину соответственно линейного или углового хода этой пружины [1]. В сложных случаях требуется:

а) предварительно вычислить работу, совершаемую силой упругости пружины при перемещении органа управления;

б) пользуясь соотношением между работой силы сопротивления движению, перемещением, которое следует совершить, и требуемым для этого усилием, вычислить это усилие;

в) при необходимости перейти от момента к силе.

При анализе различных конструкций механизмов рукояток требуется вычислить работу, совершаемую при повороте рукоятки, что может быть сделано следующими методами:

а) исходя из выражения для элементарной работы (по формуле, связывающей работу с жесткостью пружины и геометрическими размерами механизма, в том числе определяемыми деформациями пружины);

б) исходя из связи работы и потенциальной энергии (по формуле, связывающей работу с жесткостью пружины и ее деформациями);

в) приближенным способом, исходя из выражения для элементарной работы.

Рассмотрим применение этих методов на примере конструкции, изображенной на рис. 1.

Изображенный на рис. 1 механизм предназначен для ручного вклю-

чения автоматического выключателя АК50 после его срабатывания, не открывая корпус, в котором установлен этот выключатель. Работа механизма состоит в следующем. При повороте в горизонтальной плоскости рукоятки 4, соединенной жестко с осью 6, в свою очередь соединенной жестко с рычагом 5, в вертикальной плоскости поворачивается клавиша 7 автоматического выключателя 1. При этом соответственно растягивается или возвращается в состояние начальной деформации пружина 2, закрепленная на вышеупомянутом рычаге и уголке 3.

При выводе формул для расчета по методу «а» необходимо применять математический аппарат, основанный на дифференциально-интегральном исчислении. Так как пружина работает на растяжение только в интервале углов  $\varphi$  от 0 до  $33^\circ$ , то рассматриваются именно эти углы, т. е.  $0 \leq \varphi \leq 33^\circ$ . После вычисления работы вычисляют момент, пользуясь тем, что полный угол поворота  $\beta$  известен. При этом используют выражение для элементарной работы  $\Delta A$ , совершаемой силой упругости пружины  $F$  на элементарном перемещении  $\Delta s$  точки  $D$  соединения рычага с пружиной:

$$\Delta A = F \Delta s \cos \alpha. \quad (1)$$

Перейдя к переменной  $\varphi$  (учитывая малость перемещения  $\Delta s$ , применяя закон Гука, выполняя решение треугольников, построенных на рис. 1), заменяя приращения дифференциалами и интегрируя полученное выражение по  $\varphi$

в пределах от 0 до  $\beta$  с использованием [2], получаем следующую формулу для вычисления работы:

$$A = Z((a+b)b(1-\cos\beta) - ah). \quad (2)$$

Далее найдем искомый момент. Считая указанный момент постоянным во всем рассматриваемом угле поворота, для выражения угла в градусах получаем, что

$$M = \frac{57,3A}{\beta}. \quad (3)$$

Таким образом, для рассматриваемой конструкции при известных размерах  $a, b, \beta$ , ходе и жесткости пружины  $h$  и  $Z$  момент

$$M = \frac{57,3Z((a+b)b(1-\cos\beta) - ah)}{\beta}. \quad (4)$$

При применении метода «б» искомая работа может быть вычислена как разность потенциальных энергий пружины в конечном и начальном состояниях, т. е.

$$A = \frac{Zh^2}{2}. \quad (5)$$

Следует отметить, что формула (2) при выражении угловой величины через линейные и выполнении тождественных преобразований приводится к виду (5) и результаты вычислений, полученные по этим формулам, совпадают.

Далее, учитывая формулу (3), из последней формулы получаем

$$M = \frac{28,6Zh^2}{\beta}. \quad (6)$$

В табл. 1 приведены результаты расчета величин, определенных при разработке данной конструкции (вычисление  $M_n$  и  $M_d$  описано ниже).

Таблица 1

| $a$ , мм | $b$ , мм | $h$ , мм | $Z$ , Н-мм | $\beta$ , град. | $A$ , Н-мм | $M$ , Н-мм | $M_n$ , Н-см | $M_d$ , Н-см | $F_p$ , Н |
|----------|----------|----------|------------|-----------------|------------|------------|--------------|--------------|-----------|
| 30       | 38       | 11,6     | 0,1105     | 33              | 7,48       | 13,0       | 129          | 159          | 33,7      |

Вычисленная ранее аналитическая по формуле (5) работа может быть получена приближенно по методу «в», для чего необходимо разбить траекторию движения точки на элементарные участки в виде хорд и считать, что в пределах  $i$ -го участка  $F_i = \text{const}$ ,  $\cos \alpha_i = \text{const}$ .  $F_i$  и  $\alpha_i$  построены для середин участков. В данном случае  $i = 11$ ,  $\Delta\varphi_i = \text{const} = 3^\circ$ . По аналогии с аналитическим методом знак  $\cos \alpha_i$  не учтен. Величина  $\Delta s$  вычислена по следующей формуле:

$$\Delta s = b \Delta\varphi = 1,99 \text{ мм}. \quad (7)$$

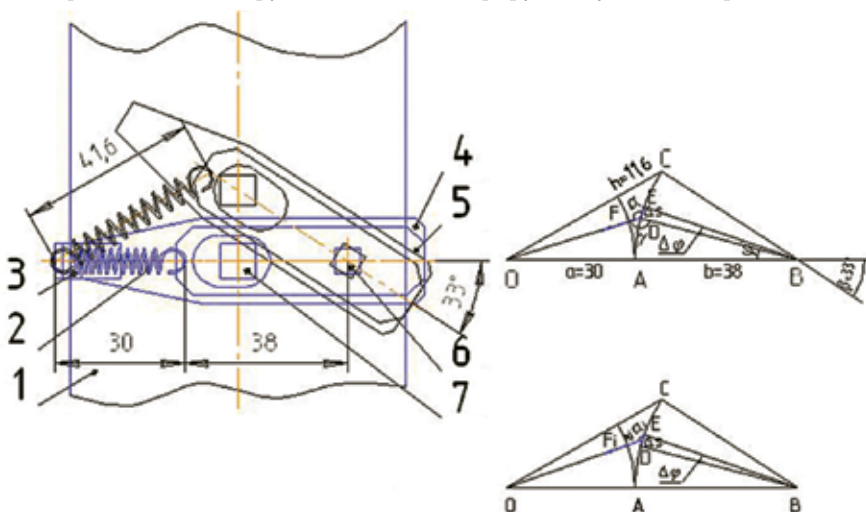


Рис. 1.

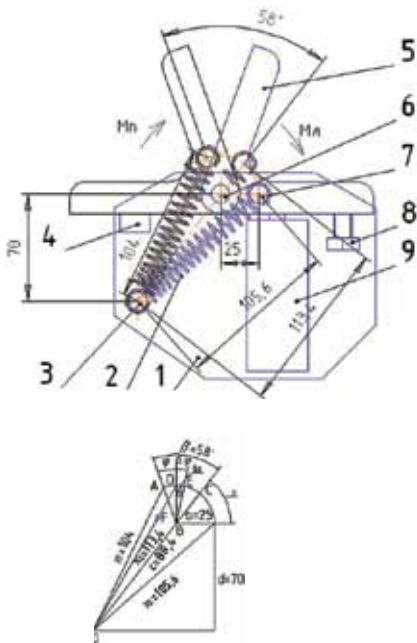


Рис. 2

Полная работа на основании свойства аддитивности работы вычислена как сумма элементарных, при этом  $A=7,46$  Н·мм. Сравнивая последний результат с полученным аналитически по формулам (2), (5), приходим к выводу, что различие составляет менее 0,3%, т. е. практически отсутствует, следовательно, расчеты по обоим методам выполнены правильно, а интервал разбиения задан достаточно малый.

Решим теперь рассматриваемую задачу для конструкции, изображенной на рис. 2.

Изображенный здесь механизм предназначен для ручного отключения микровыключателя 9 после его срабатывания. Для отключения необходимо повернуть рычаг 5 из положения, определяемого упором 4, в положение, определяемое болтом 8, вокруг оси 6, при этом утапливается шток микровыключателя 9. Пружина 2, закрепленная на оси 3, сначала растягивается, затем приближается к спокойному состоянию. Ход применения метода «а» аналогичен тому, как это сделано для первой конструкции, описанной выше (см. рис. 1). Расчетная схема представлена на рис. 2. Так как деформация пружины растет только в интервале углов  $\varphi$  от 0 до  $58^\circ$ , рассматриваются только эти углы, т. е.  $0 \leq \varphi \leq 58^\circ$ . В результате получаем следующие формулы для вычисления работы и момента:

$$A = Z(b(b+l+x_2)(1-\cos\beta) + l(x_1-x_2)); \quad (8)$$

$$M = \frac{57,3Z(b(b+l+x_2) \times (1-\cos\beta) + l(x_1-x_2))}{\beta}, \quad (9)$$

где  $l$  – длина пружины в спокойном состоянии (между серединами прицепов).

При применении метода «б», а также при упрощении выражений (8), (9) (как для конструкции на рис. 1) получаем следующие формулы для вычисления искомых величин:

$$A = \frac{Z(h_2^2 - h_1^2)}{2}; \quad (10)$$

$$M = \frac{28,6Z(h_2^2 - h_1^2)}{\beta}, \quad (11)$$

где  $h_1, h_2$  – начальная и конечная деформации пружины (на рассматриваемом интервале изменения угла поворота рычага).

Результаты, полученные по обоим методам, также совпадают. В табл. 2 приведены результаты расчета величин для конкретных числовых данных, определенных при разработке рассматриваемой конструкции (вычисление  $M_n$  и  $M_d$  описано далее):

Таблица 2

| b, мм | d, мм | l, мм | $x_1$ , мм | $x_2$ , мм | Z, Н·мм | $\beta$ , град. |
|-------|-------|-------|------------|------------|---------|-----------------|
| 25    | 70    | 47    | 104        | 113,4      | 1,5     | 58              |

| A, Н·мм | M, Н·мм | $M_n$ , Н·см | $M_d$ , Н·см | $F_n$ , Н |
|---------|---------|--------------|--------------|-----------|
| 870     | 86,4    | 160          | 189          | 28,1      |

Ход применения метода «в» также аналогичен тому, как это сделано для конструкции, приведенной на рис. 1. Здесь  $\Delta s = 2,46$  мм. Полная работа  $A = 880$  Н·мм. Различие между последним результатом и полученными аналитически по формулам (8), (10) составляет 1,1%, т. е. практически отсутствует, следовательно, расчеты по обоим методам проведены правильно, а интервал разбиения задан достаточно малый.

В заключение решим задачу для конструкции, изображенной на рис. 3.

Изображенный на рис. 3 механизм предназначен для ручного вращения вала переменного резистора 4. При повороте рукоятки 2 движение передается на жестко соединенную с ней ось 3 и на установленные на оси штифты 10. Последние служат для поворота рычагов 5 относительно штифтов 9, установленных на корпусе 1, при этом работают на растяжение пружины 6, так как их прицепы закреплены на этих рычагах, а другие прицепы этих пружин закреплены на рычагах 7, упирающихся в штифты 8, установленные на корпусе 1. Ход применения метода «а» также аналогичен тому, как это сделано для первой конструкции (см. рис. 1). В результате получаем следующие формулы для вычисления работы и момента:

$$A = bz(b(\cos 2\psi - \cos(\psi + \theta)) + 2a(\sin \psi - \sin(\psi + \theta/2))); \quad (12)$$

$$M_y = \frac{57,3bz(b(\cos 2\psi - \cos(2\psi + \theta)) + 2a(\sin \psi - \sin(\psi + \theta/2)))}{\beta}, \quad (13)$$

При применении метода «б», а также при упрощении выражений (12), (13) (как описано для первой конструкции, см. рис. 1) получаем формулы (5) и (6) для вычисления искомых величин. Результаты, полученные по обоим методам, также совпадают. В табл. 3 приведены результаты расчета величин для конкретных числовых данных, определенных при разработке конструкции, показанной на рис. 3 (вычисление  $M_n$  и  $M_d$  описано ниже).

Таблица 3

| a, мм | b, мм | h, мм | Z, Н/мм | $\beta$ , град. | $\theta$ , град. | $\psi$ , град. |
|-------|-------|-------|---------|-----------------|------------------|----------------|
| 13,8  | 11,7  | 4,9   | 1,0     | 30              | 34               | 36             |

| A, Н·мм | M, Н·мм | $M_n$ , Н·см | $M_d$ , Н·см |
|---------|---------|--------------|--------------|
| 12,0    | 23,0    | 26,7         | 52           |

Ход применения метода «в» также аналогичен тому, как для первой конструкции, см. рис. 1. Здесь  $\Delta s = 0,7$  мм. Полная работа  $A = 12,3$  Н·мм. Различие между последним результатом и полученными аналитически по формулам (2), (5) составляет 2,5%, т. е. практически отсутствует, следовательно, расчеты по обоим методам проведены правильно, а интервал разбиения задан достаточно малый.

Далее для вычисления полного усилия, развиваемого оператором, следует учесть сопротивление движению, возникающее в конструкции устройства, совместно с подвижной частью которого перемещается рассматриваемая рукоятка. Для первой конструкции (см. рис. 1) это сопротивление вызвано упругостью элементов конструкции самого выключателя. Будем считать, что для непосредственного включения оператором этого выключателя необходимо усилие 50 Н (так как эта величина указана в технических условиях на данный выключатель [3]). Далее, прикладывая эту величину к оси вращения рассматриваемой рукоятки (поз. 4 на рис. 1), суммируя с моментом, учитывающим упругость пружины механизма (поз. 2 на рис. 1), вычисленным по формуле (4) или (6), получаем полный момент, внесенный в табл. 1. Затем переходим от полного момента к силе, вносим эту величину в табл. 1. Согласно [4], это значение не должно превышать 40–60 Н. Сравнение с указанными величинами показывает, что данное требование выполнено.

Для второй конструкции (см. рис. 2) это сопротивление оказывает шток микровыключателя. Оценим силу этого сопротивления следующим образом. Анализируя расчетную схему механизма, получаем зависимость момента силы упругости пружины относительно оси качения рычага от его угла поворота, отсчитываемого от крайнего правого положения, т. е.

$M_y = f(\gamma)$ . Далее исследование полученной функции на экстремумы показывает, что на рассматриваемом интервале изменения угла  $\gamma$  функция монотонно убывает, здесь ее максимум:

$$M_y = \frac{Zx_3bd}{l+x_3} \quad (14)$$

Учитывая, что момент силы сопротивления штока должен превышать найденный и принимая поправочный коэффициент равным 1,1, получаем, что момент, необходимый для поворота рычага на участке, расположенном справа от положения пружины, соответствующего ее максимальной деформации:

$$M_n = \frac{1,1Zx_3bd}{l+x_3} \quad (15)$$

Вычисленный по последней формуле момент внесен в табл. 2.

Для преодоления сопротивления движению рычага на участке, расположенном слева от положения пружины, соответствующего ее максимальной деформации, как вычислено выше по формуле (9) или (11), необходимый момент равен 86,4 Н·см и в табл. 2 обозначен как  $M_n$ . Затем переходим от полного момента  $M_n$  (как большего по сравнению с  $M_n$ ) к силе  $F_n$ , вносим эту величину в табл. 1. Согласно [4], это значение не должно превышать 40–60 Н. Сравнение с указанными величинами показывает, что данное требование выполнено.

Для третьей конструкции (рис. 3, здесь стрелкой показано направление поворота рукоятки, для которого показаны крайние положения подвижных частей механизма) сопротивление движению рукоятки возникает при повороте вала резистора. Оно приводится к моменту трогания, равному 0,3 Н·см [5]. Суммируя указанный момент и момент, учитывающий упругость пружины, входящей в механизм, принимая во внимание количество этих пружин, получаем

полный момент, (внесен в табл. 3). Для каждой из рассматриваемых конструкций величина допустимого момента учитывает плечо силы, прилагаемой оператором, угол поворота, захват рукой, частоту повторения операции. Эти значения допустимой величины являются оценочными и получены ниже.

Допустимые значения момента, прилагаемого оператором для поворота рукоятки и угла поворота, приведены в табл. 4 [4].

Таблица 4

| Диаметр рукоятки, мм | Допустимый момент, Н·см | Угол поворота, град. |
|----------------------|-------------------------|----------------------|
| 10                   | 10                      | Более 180            |
| 10–16                | 15                      | 180–120              |
| 35–40                | 23                      | Менее 120            |

Так как в конструкциях, представленных выше, условные диаметры рукояток 80, 114 и 50 мм соответственно, т. е. не входят в представленные в таблице диапазоны диаметров, необходима оценка момента, допустимого при данном диаметре. Учитывая, что диапазоны невелики, будем считать, что заданные в таблице значения момента соответствуют серединам диапазонов и выразим диаметры в сантиметрах (табл. 5).

Таблица 5

| Диаметр рукоятки $x$ , см | Допустимый момент $y$ , Н·см | Угол поворота, град. |
|---------------------------|------------------------------|----------------------|
| 1                         | 10                           | Более 180            |
| 1,3                       | 15                           | 180–120              |
| 3,75                      | 23                           | Менее 120            |

Поскольку имеются три значения рассматриваемых величин, зависимость между ними должна быть нелинейной, а для простоты будем искать эту зависимость квадратичного вида:

$$y = A_x^2 + B_x + C.$$

Для этого найдем значения коэффициентов, для этого составляем систему уравнений, используя заданные значения переменной и искомой функции.

Эта система решена по методу последовательного исключения переменных (методу Гаусса):

$$A = -4,9 \text{ Н/см}, B = 27,9 \text{ Н}, \\ C = -13 \text{ Н·см}$$

Итак, зависимость между рассматриваемыми величинами имеет вид

$$y = -4,9x^2 + 27,9x - 13.$$

Однако исследование поведения данной функции показывает, что она имеет максимум, равный 26 Н·см, при  $x = 2,85$  см, при дальнейшем возрастании аргумента функция убывает. Это противоречит тому очевидному требованию, что искомая функция должна быть возрастающей монотонно. Поэтому необходимо искать рассматриваемую зависимость в другом виде (учитывая количество переменных). Рассмотрим иррациональную зависимость вида

$$y = A + \sqrt{Bx + C}.$$

Для ее нахождения предварительно находим квадратичную зависимость  $x = f(y)$ , применяя описанный выше алгоритм, после чего выражаем  $y$  через  $x$ . В результате получена зависимость вида

$$y = 10,9 + \sqrt{52,8x - 51,8}. \quad (16)$$

Вычисления значений  $y$  для заданных значений  $x$  показывают, что эти значения  $y$  совпадают с заданными в табл. 5. Однако для  $x = 1$  см имеется существенное расхождение (на 18% по отношению к значению  $y$ , заданному в табл. 7), что объясняется тем, что в выведенной формуле (16) перед радикалом стоит знак «+». Результаты вычислений представлены в табл. 6.

Таблица 6

| Значения $x$ , см | Значения $y$ , Н·см |   |      | $(y_s - y_n)^2$ для $y_n$ по формуле |      |
|-------------------|---------------------|---|------|--------------------------------------|------|
|                   | заданные (16)       | вычисленные $y_n$ по формулам (17) (18) |      | (17)                                 | (18) |
| 1                 | 10                  | 11,8                                    | 10,6 | 3,24                                 | 0,36 |
| 1,3               | 15                  | 15                                      | 12,8 | 2,25                                 | 4,84 |
| 3,75              | 23                  | 23                                      | 23,9 | 0,04                                 | 0,81 |
|                   |                     | Сумма                                   | 5,53 | 6,01                                 |      |

Рассмотрим более простую зависимость вида

$$y = A\sqrt{x}.$$

Для нахождения коэффициента  $A$  применим метод наименьших квадратов:

$$y = 11,8\sqrt{x}. \quad (17)$$

Вычисления, выполненные по этой формуле, сведены в табл. 6.

Рассмотрим логарифмическую зависимость вида

$$y = A \lg(x+1).$$

Здесь под знак логарифма введена единица для выполнения условия  $y(x=0) = 0$ . Для нахождения коэффициента  $A$  также применим метод наименьших квадратов. Результатом является зависимость вида

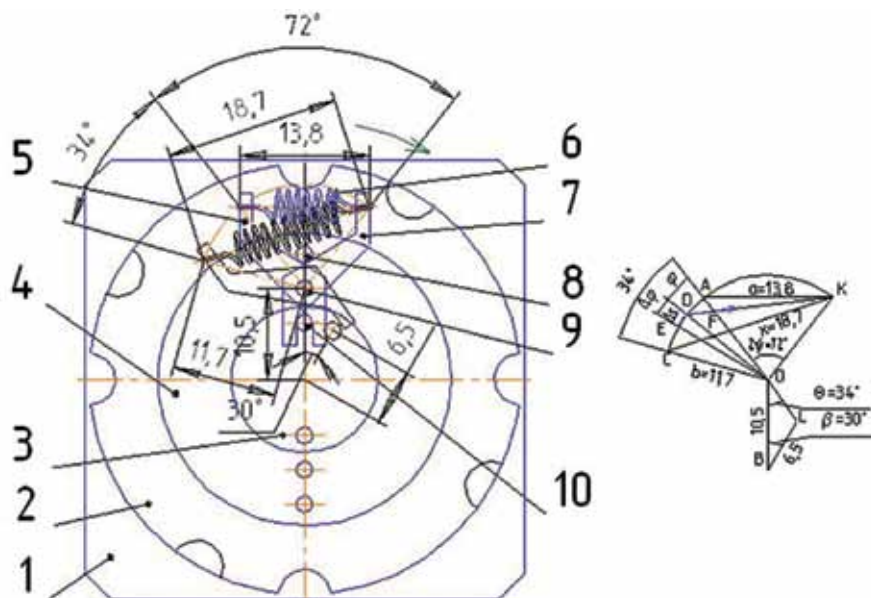


Рис. 3.

$$y = 35,31g(x+1). \quad (18)$$

Результаты вычислений по этой формуле также сведены в табл. 6.

Сравнение результатов, полученных по формулам (16)–(18), показывает, что они различаются незначительно (в пределах 10%). Как будет показано ниже, полученные при статистическом исследовании коэффициенты корреляции при рассмотрении каждой из зависимостей различаются незначительно. Далее вычислим суммы квадратов разностей значений  $y$ , вычисленных по формулам (17), (18) (так как для вывода этих формул применен метод наименьших квадратов), и заданных, соответствующих одному и тому же значению  $x$ . Внесем результаты в табл. 6. Из вычисленных значений этого критерия меньшее получится при применении иррациональной зависимости, т. е. формулы (17). Таким образом, предпочтительно пользоваться формулой (17) как наиболее простой. Итак, для оценки допустимого момента поворота рукоятки в зависимости от ее диаметра применим формулу  $y = 11,8\sqrt{x}$ .

Вычислим теперь искомую величину для рассматриваемых конструкций. Для конструкции, приведенной на рис. 3, т. е. при  $x = 80$  мм,  $y = 105,7$  Н·см. Учитывая сведения табл. 4, принимаем допустимый угол поворота рукоятки при данном диаметре равным  $100^\circ$ . Поскольку в рассматриваемом случае конструктивный угол равен  $66^\circ$ , а также с учетом сделанной оговорки полученную ранее оценочную величину момента необходимо умножить на 1,5. Окончательно оценка допустимого момента равна 159 Н·см. Эта величина внесена в табл. 1. Для второй конструкции, т. е. при  $x = 114$  мм,  $y = 126,2$  Н·см. Учитывая данные табл. 4, поправку на то, что конструктивный угол поворота рукоятки  $110^\circ$ , а также редкость пользования рукояткой и внося поправку в виде повышающего коэффициента, равного 1,5, окончательно принимаем величину допустимого момента равной 189 Н·см. Эта величина внесена в табл. 2.

Для третьей конструкции, т. е. при  $x = 50$  мм,  $y = 26,4$  Н·см. Учитывая данные табл. 4, принимаем допустимый угол поворота рукоятки при данном диаметре равным  $120^\circ$ . Поскольку в этом случае конструктивный угол  $60^\circ$  (а также с учетом сделанной оговорки) полученную ранее оценочную величину момента необходимо умножить на 2. Окончательно оценка допустимого момента равна 52 Н·см, эта величина внесена в табл. 3.

Так как зависимости, описываемые формулами (16)–(18), получены, исходя из отдельных значений  $x$ , необходимо провести статистическое исследование этих зависимостей. Для этого рассмотрим значения  $x$ , принятые в качестве узловых точек при выводе упомянутых формул, и распределения значений  $y$ , соответствующих каждому значению  $x$ , составленные из двух значений  $y$ , одно из которых задано в табл. 5, а другое вычислено по каждой из формул (16)–(18). После этого выполним корреляционный анализ указанных выборок и проверим гипотезы о значимости выборочных коэффициентов корреляции для всей генеральной совокупности, составленной из всех возможных значений  $x$  и  $y$ .

Для выборок составляем табл. 7–9, в каждую из которых вносим значения  $y$ , вычисленные соответственно по формулам (16)–(18), далее по тексту эти выборки будем называть выборками 1–3 соответственно.

Таблица 7

| $x$            | 1    | 1,3 | 3,75 |
|----------------|------|-----|------|
| $y$ по табл. 5 | 10   | 15  | 23   |
| по ф (16)      | 11,8 | 15  | 23   |

Таблица 8

| $x$            | 1    | 1,3 | 3,75 |
|----------------|------|-----|------|
| $y$ по табл. 5 | 10   | 15  | 23   |
| по ф (17)      | 11,8 | 15  | 22,8 |

Таблица 9

| $x$            | 1    | 1,3  | 3,75 |
|----------------|------|------|------|
| $y$ по табл. 5 | 10   | 15   | 23   |
| по ф (18)      | 10,6 | 12,8 | 23,9 |

Вычисленные коэффициенты корреляции вносим в табл. 10.

Таблица 10

| Выборка | Коэффициент корреляции $r$ | Значение критерия $T$ |
|---------|----------------------------|-----------------------|
| 1       | 0,968                      | 7,7                   |
| 2       | 0,977                      | 9,2                   |
| 3       | 0,979                      | 9,6                   |

Для проверки гипотезы о значимости найденных коэффициентов корреляции вычисляем значения критерия  $T$  по каждой из выборок и вносим в табл. 10. Принимаем уровень ошибки равным 0,01, по справочному материалу [6] находим критическую точку распределения Стьюдента  $t(0,01;4) = 2,13$  (здесь 4 – число степеней свободы). Сравнение наблюдаемых величин  $T$  и теоретической величины  $t$  показывает следующее: с достоверной вероятностью 0,99 можно считать, что величины  $x$  и  $y$  коррелированы на всем интервале их изменения с коэффициентами, внесенными в табл. 10, т. е. корреляция очень сильная. Иными словами, значение  $y$ , которое было задано в табл. 8 для данного  $x$ , и значение  $y$ , которое вычисляется по формуле (16)–(18), можно считать совпадающими. Причем это имеет место для всех рассмотренных зависимостей, описываемых формулами (16)–(18), поэтому любая из этих зависимостей могла бы быть применена для оценки  $y$  при заданном  $x$ . Однако, как объяснено выше, предпочтительно применять зависимость (17).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник конструктора точного приборостроения/Под ред. К. Н. Явленского. Машиностроение, ЛО, 1989.
2. Рывкин А. А., Рывкин А. З., Хренов Л. С. Справочник по высшей математике. – М: Высшая школа, 1975.
3. ТУ 16–522.136–78. Выключатели автоматические серии АК50 Б. Технические условия.
4. Справочник конструктора оптико-механических приборов/Под ред. М. Я. Кругера и В. А. Панова. – Л: Машиностроение, 1968.
5. ОЖ0.468.161 ТУ. Резисторы переменные непровольные серии СП4–8. Технические условия.
6. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика. – М., Высшая школа, 1977. ■

Судовая трубопроводная арматура – одно из самых распространенных управляющих устройств, обеспечивающих большинство процессов жизнедеятельности и жизнеобеспечения современного корабля. Их число достигает нескольких сотен видов, отказ каждого из них может иметь самые тяжелые последствия при решении поставленных задач. Поэтому при создании кораблей и судов нового поколения предъявляются высокие требования к арматуре и всем ее элементам.

Первоначально каждая арматура имела ручное управление, постепенно некоторые задачи автоматизировались, однако до сих пор на борту имеется много арматуры с механическим приводом.

Наиболее простое средство автоматизации – пневматический привод судовой арматуры либо при очень больших нагрузках на шпинделе гидравлический. Сейчас гидроприводы арматуры весьма распространены, при этом их работу обеспечивают как централизованные гидравлические магистрали, так и локальные насосные станции. В результате при большом числе гидроприводов арматуры на борту располагается множество насосного, распределительного, регулирующего и магистрального гидравлического оборудования. При этом, поскольку первичным источником судового энергопитания являются бортовые электрогенераторы, промежуточное преобразование электрической энергии в гидравлическую сопровождается дополнительными потерями энергии и жизненного пространства.

Предполагается оснащение перспективных судов распределенной системой «интеллектуального» управления, под которым понимается сетевое централизованное управление всей арматурой при локальном решении задач регулирования, защиты и диагностики встроенными локальными микроконтроллерами. Именно поэтому активно реализуемая в мире концепция «полностью электрифицированного судна»\* предполагает замену всех приводов арматуры на электроприводы.

Электроприводы общепромышленной управляемой трубопроводной арматуры, широко применяемые при промышленной автоматизации, не могут быть использованы на судах в большинстве случаев из-за специфических морских условий эксплуатации, а также особых требований к габаритам судового оборудования [3] и ряда специальных требований к аппаратуре корабля.

Решением этих задач может стать полная автоматизация всей номенклатуры арматуры корабля на базе электро-

\* Например, в проекте перспективного французского фрегата «Advansea» [1].

## СУДОВАЯ АРМАТУРА. ОБЛИК ПЕРСПЕКТИВНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ЗАПОРНО- РЕГУЛИРУЮЩЕЙ АРМАТУРЫ КОРАБЛЯ

*А. С. Петрушенко, зам. генерального директора, технический директор,  
О. В. Епифанов, вед. инженер-конструктор,  
ОАО «Системы управления и приборы»,  
А. Г. Микеров, д-р техн. наук, проф. СПбГЭТУ,  
контакт. тел. (812) 320 2393*

двигателей нового поколения с управлением от встроенного микроконтроллера.

### ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И СТРУКТУРА ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ЗАПОРНОЙ И ЗАПОРНО- РЕГУЛИРУЮЩЕЙ АРМАТУРЫ, НАПРАВЛЕНИЯ ИХ РАЗВИТИЯ.

Наиболее распространенными видами арматуры являются задвижки, клапаны и краны. Основные элементы конструкции:

- подвижный запирающий элемент;
- неподвижное седло (уплотнение);
- шпиндель;
- уплотнительный бугельный узел;
- привод (механический, пневмо-, гидро-, электрический). Подвижный запирающий элемент и неподвижное седло образуют затвор, управляющий потоком рабочей среды за счет изменения проходного сечения. В задвижке и клапане запирающий элемент движется вращательно-поступательно, а в кране – вращательно.

Функциональная схема типичного электропривода арматуры в составе системы управления технологическим процессом показана на рис. 1 [7]. Электродвигатель и редуктор образуют исполнительный механизм. Кроме того, электропривод оснащается различными датчиками положения, скорости, момента, температуры, сигналы от которых, показанные в виде стрелок на рис. 1, поступают в блок управления.

Преобразователь электроэнергии представляет собой трансформатор для питания электродвигателя переменного тока или выпрямитель для питания двигателя постоянного тока. В сети постоянного тока эти устройства отсутствуют. Пускозащитное устройство решает следующие основные задачи:

- пуск и остановка электродвигателя;
- ограничение рабочего хода затвора арматуры с помощью конечных выключателей или датчиков положения;
- защита двигателя и редуктора от пе-



Рис. 1. Функциональная схема электропривода арматуры

По выполняемым функциям арматура делится обычно на запорную, регулирующую и защитную [2]. Иногда употребляется обобщенный термин – запорно-регулирующая арматура.

При автоматизации арматуры перемещение или поворот шпинделя выполняется исполнительным механизмом, называемым иногда «актуатором» от английского слова «actuator» [4], который входит в состав привода. Для повышения надежности все приводы, как правило, оснащаются ручным дублером.

регрузок по моменту или усилию, возникающему на концах рабочего хода или внутри его;

- защита электродвигателя от перегрева обмотки.

Блок управления связывает электропривод с системой КСУ ТС верхнего уровня, регулирует скорость или момент электродвигателя (если это необходимо), а в современных системах также решает задачу самодиагностики технического состояния привода и арматуры.

Первоначально блок управления, преобразователь электроэнергии и пускозащитное устройство представляли собой электромеханические пульты или шкафы, оснащенные релейно-контактной автоматикой. В настоящее время это локальные электронные блоки с микропроцессорами, подключенными через сети связи к автоматизированным системам управления верхнего уровня [5,6,8].

При этом автоматизированные системы управления могут быть выполнены в виде [6, 8]:

- централизованных систем управления;
- децентрализованных систем управления;
- распределенных систем управления.

В *централизованной системе* все задачи управления и координации решаются в мощном центральном процессоре верхнего уровня, а каждый электропривод оснащается шкафом автоматики, обеспечивающим силовую коммутацию и защиту привода. При этом центральный процессор связан с приводом множеством силовых и сигнальных цепей. В *децентрализованной системе* часть задач управления реализуется самим приводом, а в *распределенной* все основные задачи уже берет на себя привод, содержащий быстродействующий микроконтроллер и связанный с системой управления верхнего уровня шинами связи, например RS-485 по протоколам Modbus или Profibus. По данным авторов работы [8], в 2000 г. доли централизованных и децентрализованных систем управления в России были примерно одинаковы, а далее наблюдается неуклонный рост доли децентрализованных и, особенно, распределенных систем управления. При этом внедрение децентрализованных систем снижает примерно вдвое стоимость аппаратуры, втрое – стоимость обслуживания, и в десять раз стоимость проектирования, монтажа и пусконаладки.

Очевидно, что при этом должны меняться и сами приводы. В соответствии с [8] сейчас насчитывается пять поколений электроприводов.

Электропривод арматуры первого поколения имел, как правило, нерегулируемый асинхронный электродвигатель с контактными конечными выключателями, механическими муфтами защиты от перегрузки и не содержал никакой электроники.

Второе поколение электропривода уже содержало некоторые аналоговые электронные устройства формирования управляющих и контрольных сигналов.

Третье поколение характеризуется внедрением в привод цифровых устройств и дисплеев, кодовых датчиков положения (энкодеров).

В четвертом поколении все сигналы управления и контроля цифровые. Вво-

дится дистанционная настройка, программирование и контроль привода от отдельного переносного компьютера по шинам связи, архивирование режимов и параметров.

Пятое поколение характеризуется дальнейшим развитием систем связи привода, в том числе и через интернет.

Электроприводы четвертого и пятого поколений – это по существу мехатронные системы, это означает, что в них реализуется органическое соединение механических, электронных и компьютерных подсистем, дающее синергетический эффект. Такие электроприводы, применяемые в распределенных системах управления технологическим процессами, иногда называются «смарт-приводы» или «интеллектуальные приводы» [8, 11–17]. Следует отметить, что в общей теории автоматического управления под «интеллектуальными» системами управления понимаются системы с нейронными сетями, нечетким управлением (фаззи-логикой) или генетическими алгоритмами, реализующими «искусственный интеллект» [10].

### ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА СУДОВОЙ АРМАТУРЫ

При формировании облика перспективного электропривода решали в основном следующие задачи:

- выбор типа электродвигателя;
- выбор редуктора;
- рассмотрение вариантов управления и функциональной схемы.

При этом целью является оптимизация по следующим параметрам: КПД привода, массогабаритные размеры, точность и надежность работы.

Одной из мировых тенденций является применение в перспективных электроприводах арматуры бесконтактных электродвигателей постоянного тока (БДПТ). Например такие двигатели применены в электроприводах арматуры Limitorque QX американской компании «Flowserve».

Бесконтактный двигатель имеет принципиально два узла, показанных на рис. 2, синхронную машину с по-

стоянными магнитами 1 и электронный узел 2. Синхронная машина 1 содержит ротор с постоянными магнитами 3 на валу 4, статор 5 из шихтованного железа с обмоткой 6 на нем. Питание обмотки статора осуществляется от электронного узла 2 через разъем 7. Обязательным элементом всякого бесконтактного двигателя постоянного тока является датчик положения ротора 8, сигнал с которого поступает через тот же разъем на электронный узел 2. Все элементы синхронной машины заключены в корпус 9 с подшипниками 10. Электронный узел может быть встроен в корпус синхронной машины. Иногда синхронная машина может не иметь отдельного корпуса, если ее элементы встраиваются в корпус управляемого агрегата или механизма. Такие машины называются бескорпусными двигателями или машинами встраиваемого исполнения.

Питание БДПТ осуществляется от сети постоянного или переменного тока, подключенной к электронному узлу. На вход этого узла через входные зажимы поступает сигнал управления по направлению и скорости вращения. При необходимости электронный блок может формировать также сигналы контроля о состоянии и режимах работы двигателя. Все входные и выходные сигналы электронного узла могут быть объединены в один или несколько разъемов. Принцип действия бесконтактного двигателя во многом схож с работой классического коллекторного двигателя постоянного тока, в котором секции обмотки якоря подключены к входному питающему напряжению через механический коммутатор (щеточно-коллекторный узел) таким образом, что создаваемый ею магнитный поток всегда направлен перпендикулярно потоку статора, создаваемому магнитом, что обеспечивает максимальный вращающий момент.

В БДПТ механический коммутатор заменен двумя узлами: электронным коммутатором и бесконтактным датчиком положения ротора, обеспечивающим требуемую коммутацию секций обмотки статора и перпендикулярность магнитных потоков статора и ротора. При этом магнит ротора создает посто-

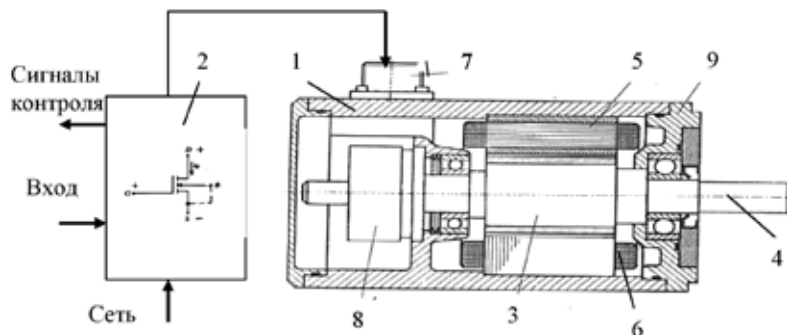


Рис. 2. Узлы бесконтактного двигателя

янное магнитное поле, а статор – вращающееся магнитное поле, вовлекающее ротор во вращение.

Таким образом, принцип действия коллекторного и БДПТ полностью аналогичны, из чего следует и аналогичность их статических и динамических характеристик. Следовательно, все методы регулирования скорости и момента классических двигателей постоянно тока применимы и к бесконтактным двигателям.

Однако в отличие от коллекторного двигателя постоянного тока классической конструкции бесконтактный двигатель не содержит каких-либо контактных или быстро изнашивающихся частей, все тепло выделяется только в статоре. Это определяет высокую надежность и срок службы без регламентных работ в самых тяжелых условиях эксплуатации, а наличие электронного узла обеспечивает легкость адаптации двигателя к различным сетям постоянного или переменного тока, а также организацию защиты и диагностики машины при эксплуатации.

Сравним далее БДПТ с широко распространенным трехфазным асинхронным двигателем (АД). Механические и регулировочные характеристики таких двигателей при равных значениях номинальной мощности, скорости и момента, показаны на рис. 3 при номинальном напряжении (*а*) и при номинальном моменте (*б*).

Из сравнения этих характеристик видно следующее: при близких скоростях холостого хода обоих двигателей пусковой момент АД значительно ниже пускового момента БДПТ. Это объясняется тем, что максимальное значение вращающего момента достигается не при пуске, а при так называемом критическом скольжении на большой скорости вращения. Отношение пускового момента к номинальному (кратность пускового момента) редко превышает 2–3, а для БДПТ он может быть 10 и бо-

лее, что особенно важно для обмотки и гарантирует запуск двигателя в любых условиях эксплуатации.

Регулирование скорости АД изменением питающего напряжения практически невозможно (не более 10–15%). К тому же номинальные скорости АД жестко связаны с частотой питания, и для сети 50 Гц находится в пределах 750–3000 мин<sup>-1</sup>. Номинальные скорости БДПТ могут быть любыми: от единиц мин<sup>-1</sup> до десятков тысяч мин<sup>-1</sup>.

На практике регулирование скорости АД обеспечивается только при частотном управлении, когда двигатель снабжается электронным преобразователем, формирующим частоту и амплитуду фазных напряжений по определенному закону. По сложности и стоимости такие преобразователи частоты мало чем уступают электронным узлам БДПТ, однако БДПТ могут обеспечить существенно лучшие показатели электропривода по точности регулирования и быстродействию. Популярность частотного регулирования объясняется в значительной степени тем, что большая часть промышленного оборудования, в том числе арматуры, уже оснащена асинхронными двигателями, скорость которых требуется регулировать в больших пределах при модернизации оборудования.

Важной особенностью БДПТ, как и всякого двигателя постоянного тока, является линейная зависимость развиваемого момента *М* от тока потребления *I*, тогда как в АД эта зависимость сугубо нелинейна, как показано на рис. 4.

Поэтому в БДПТ легко, например, ограничить выходной момент привода измерением тока потребления, тогда как в АД это весьма сложно, что вызывало в первых поколениях электроприводов необходимость введения механических и электромеханических защитных муфт [11, 17].

Таким образом, сравнение характеристик двигателей показывает целесообразность перехода к БДПТ.

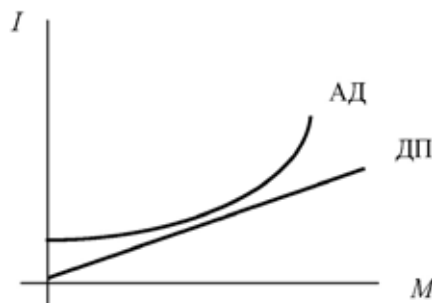


Рис. 4. Зависимость развиваемого момента от силы тока

В отечественной литературе наряду с уже рассмотренным термином «бесконтактный двигатель постоянного тока» существует ряд других названий, относящихся к бесконтактным двигателям на базе синхронной машины с электронной коммутацией, таких как: вентильный двигатель [9]; вентильно-индукторный двигатель [10]; шаговый двигатель [11]; моментный двигатель [12, 13];

Во всех этих двигателях обмотка якоря синхронной машины, расположенная на статоре, создает вращающееся (или шагающее) магнитное поле, а разница состоит в конструкции ротора или режимах управления. В отличие от остальных двигателей шаговый не содержит датчика положения ротора, а управляется непосредственно от электронного узла – коммутатора.

Наиболее общим названием первых трех двигателей является вентильный двигатель, хотя в узком смысле под вентильным двигателем понимается обычно двигатель с постоянными магнитами на роторе. В вентильно-индукторном двигателе ротор (называемый индуктором) имеет зубцы из электротехнической стали, число которых не кратно числу зубцов статора. Поэтому при каждой коммутации секций обмотки статора, расположенной на зубцах, магнитное поле статора притягивает ближайший зубец ротора, создавая вращающий момент.

Все вентильные двигатели делятся на двигатели с дискретным и непрерывным управлением. При дискретном управлении магнитное поле статора движется шагами (дискретно), для чего секции обмотки статора переключаются электронным узлом в виде коммутатора. При непрерывном управлении магнитное поле статора вращается непрерывно, для чего электронный узел формирует двух или трехфазную систему гармонических токов.

Дискретное управление имеют вентильно-индукторный двигатель и шаговый двигатель. Вентильные двигатели с постоянными магнитами и моментные двигатели могут иметь как дискретное, так и непрерывное управление. Более сложным является непрерывное управление, но оно обеспечивает по сравнению с дискретным управлением мень-

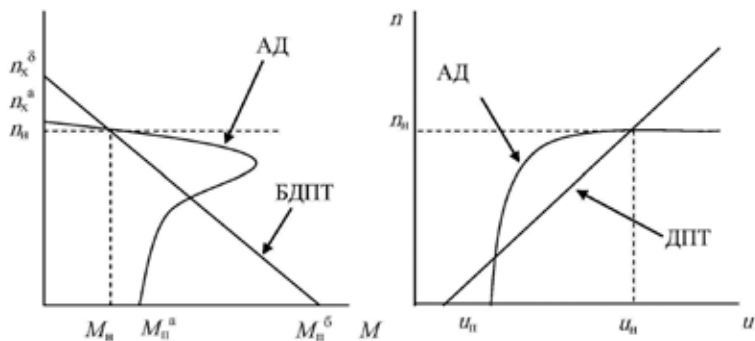


Рис. 3. Сравнение механических (*а*) и регулировочных (*б*) характеристик АД и БДПТ

Здесь *u* – напряжение питания обмотки статора; *n* – скорость (частота) вращения; *M* – вращающий момент на валу. Нижний индекс относится к режимам работы: пусковому – *n*, номинальному – *n*, холостого хода – *x*. Верхний индекс указывает на тип двигателя: АД – *a* и БДПТ – *b*.

ший ток потребления, а также низкие значения пульсаций момента и скорости, что и определяет его преимущественное применение в прямом или безредукторном приводах.

Моментный двигатель\* выполняет на базе синхронной машины с постоянными магнитами на роторе и предназначен преимущественно для прямого или безредукторного приводов и широко выпускаются за рубежом [15]. В России серийно сейчас выпускаются только два ряда моментных двигателей ДБМ (двигатели бесконтактные моментные) и ДБМВ (двигатели бесконтактные моментные встраиваемые), разработанные на замену ДБМ по заказу Минобороны России в 2010 г. (МОП 44 001.15-2011).

ДБМВ (рис. 5) имеют улучшенный энергетический показатель – статическую добротность по моменту\*\* (по существу удельный развиваемый момент на кг массы и ватт потребляемой мощности), сниженную электромеханическую постоянную времени и увеличенный внутренний диаметр ротора, что позволяет компоновать их редукторами с большим КПД и/или меньшим передаточным числом.



Рис. 5. Внешний двигателей ДБМВ диаметром 185 и 50 мм  
Основные параметры двигателей ДБМВ [16]

|   |               |
|---|---------------|
| Наружный диаметр, мм  | 50...240      |
| Число пар полюсов   | 8, 10, 16, 28 |
| Пусковой момент, Нм   | 0,16...200    |
| Частота вращения холостого хода, об/мин                     | 40...7600     |
| Макс. механическая мощность на валу, Вт                     | 2...3160      |
| Электромагнитная постоянная времени, мс                     | 0,4...6       |
| Электромеханическая постоянная времени, мс                  | 2,5...12      |
| Масса, кг   | 0,1...17      |
| Статическая добротность по моменту, Нм/кг Вт <sup>0,5</sup> | 0,22...0,56   |

По своим статическим и динамическим показателям моментные двигатели ДБМВ [15] находятся на уровне лучших зарубежных образцов. Условия применения этих двигателей отвечают самым

\* В широком смысле моментный двигатель – это любой электродвигатель, имеющий очень низкую скорость вращения и встраиваемую (бескорпусную) конструкцию, практически же речь всегда идет о электродвигателях с постоянными магнитами на роторе или на статоре – «обратимых».

\*\* Отношение пускового момента двигателя к его массе, умноженной на корень квадратный из потребляемой мощности.

строгим требованиям гражданской и военной аппаратуры.

*Как показывает обзор бесконтактных двигателей постоянного и переменного тока, можно ожидать их широкого применения в электроприводах запорно-регулирующей арматуры четвертого и пятого поколений. Шаговые двигатели по сравнению с вентильными имеют примерно в 2–4 раза большую массу и габариты, поэтому их использование оправданно только в приводах очень малой мощности. Вентильно-индукторные двигатели проще вентильных двигателей с постоянными магнитами, но они создают большие пульсации момента и шум при работе, а также имеют большие габариты, что ограничивает их применение в судовой арматуре.*

*Таким образом, по нашему мнению, в перспективной судовой арматуре следует ориентироваться на вентильные двигатели с постоянными магнитами на роторе, в первую очередь на моментные электродвигатели.*

## ВЫБОР РЕДУКТОРА

Электропривод запорно-регулирующей арматуры обычно включает механический редуктор, чаще всего зубчатый. Это вызвано тем, что наилучшие значения важнейших показателей, таких как КПД, удельные мощность или момент на единицу объема или массы традиционного электродвигателя достигаются в диапазоне скоростей вращения 1000–12000 мин<sup>-1</sup>, тогда как у арматуры скорость поворота составляет 0,1–1 с<sup>-1</sup>, что соизмеримо с реакцией человека. Следовательно, для обычных электродвигателей применение редуктора неизбежно.

Наиболее распространены цилиндрические, планетарные, конические, червячные (их разновидность – спироидные) винтовые и волновые редукторы, хотя применяются и сравнительно редкие, например, редуктор-подшипник. Около 90% приводов арматуры оснащены червячными редукторами, обеспечивающими в одной передаче высокое передаточное отношение (порядка 100) и самоторможение. Однако при вибрации эффект самоторможения может существенно снижаться [14]. Отрицательным фактором червячных редукторов является сравнительно низкий КПД. Наивысшем КПД при низких передаточных отношениях обладают волновые редукторы, однако они сложны в производстве и дороги. По данным работ [14], КПД редукторов запорно-регулирующей арматуры оценивается величинами:

- волновой – 0,9;
- спироидный – 0,8;
- планетарный – 0,5...0,7;
- цилиндрический – 0,5;
- червячный – 0,25.

Основным критерием при выборе редуктора для электропривода СТА является максимальное соотношение КПД электропривода к габаритным размерам. Также для регулирующей арматуры при выборе редуктора следует учитывать особенности замкнутых систем автоматического регулирования, связанные с необходимостью обеспечения устойчивости. К ним относятся: линейность расходной характеристики, недопустимость зазоров (люфтов), повышенная жесткость конструкции и нежелательность применения необратимых механических передач, таких как, червячных и волновых.

*Именно поэтому при практической проработке возможных компоновок конструкции электроприводов СТА был сделан упор на редуктора планетарного типа с применением электродвигателей ДБМВ, что позволяет выполнить соосную компоновку двигателя, редуктора и ручного дублера, уменьшить осевую длину привода и упростить кинематическую схему редукторов (снизить передаточное число).*

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРЯМОГО (БЕЗРЕДУКТОРНОГО) ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Как отмечалось выше, необходимость применения редуктора вызвана особенностью электромеханического преобразования энергии в традиционных электродвигателях, эффективность которых проявляется при высоких скоростях вращения. Однако редуктор не только существенно повышает потребление привода (в силу своего низкого КПД), но и занимает немалую долю в общей массе и габаритах привода. Например в однооборотных электроприводах арматуры МЭО завода ЗЭИМ масса двигателя составляет от 3 до 28 % массы редуктора.

Кроме того, редуктор не только дорогостоящий, малонадежный и шумный узел, в котором также теряется и часть передаваемой мощности, но применительно к регулируемому электроприводу это еще и коварный враг основного показателя качества электропривода – точности. Такое свойство редуктора, носящее общее название «нежесткости», означает, что угол поворота выходного вала не строго пропорционален и определен значен углу поворота входного вала. Нежесткость имеет три основных составляющих: кинематическую ошибку; механический зазор (люфт); упругие деформации. Таким образом, кардинальный способ борьбы со всеми неприятностями редуктора – это совсем исключить его из электропривода.

Такой привод, в котором ротор двигателя напрямую связан с подвижной частью объекта управления, называется прямым [12]. Наряду с ним употребля-



ется термин безредукторный привод, но обычно он относится к приводу, в котором отсутствует механический зубчатый редуктор, но есть некоторая механическая передача, например, винт-гайка. Часто эта передача применяется для преобразования вращательного движения электродвигателя в возвратно-поступательное движение объекта управления. Примером такого безредукторного привода является разработанный ОАО «СУП» электропривод клапана ЭП-КА01 [17].

В прямом и безредукторном приводах имеются особенности конструкции электродвигателей, называемые моментными, которые приводились ранее.

Как отмечалось, моментные двигатели имеют структуру вентильного двигателя, причем для уменьшения пульсации момента предпочтительно применение непрерывного управления (рис. 6).

Эта структура аналогична структуре бесконтактного двигателя постоянного тока, однако датчик положения ротора выполнен в виде встраиваемого бесконтактного синусно-косинусного вращающегося трансформатора типа редуктосин, который запитывается напряжением переменного тока повышенной частоты и формирует выходные напряжения, огибающие которых изменяются пропорционально синусу и косинусу угла поворота.

При микроконтроллерной реализации привода эти напряжения преобразуются в код угла поворота ротора двигателя, например по схеме рис. 7, поступающий в микроконтроллер.

Здесь для питания редуктосина и ввода выходных сигналов в микроконтроллер применена специальная микросхема или узел «угол – код».

При наличии мощного микроконтроллера преобразование напряжения с выхода редуктосина в абсолютный код может выполняться самим микроконтроллером. При этом редуктосин может работать в режиме фазовращателя и в отличие от абсолютного энкодера с датчиками Холла, редуктосин может работать в условиях повышенной радиации, например в электроприводе АЭС.

### ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА ПЕРСПЕКТИВНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА СУДОВОЙ АРМАТУРЫ

Как указывалось ранее, электронный блок управления перспективного электропривода запорно-регулирующей арматуры целесообразно строить с использованием микроконтроллера, как показано на рис. 8.

Электро-механический узел, установленный на арматуре, содержит моментный двигатель (МД) типа ДБМВ, встроенный в арматуру непосредственно или через понижающий редуктор. С двигателем соединен датчик положения



Рис. 6. Схема моментного двигателя

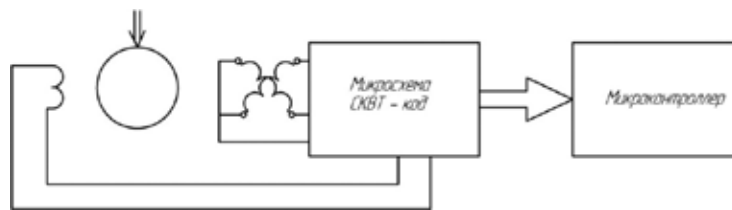


Рис. 7. Схема микроконтроллерной реализации привода

ротора ДПР типа редуктосин в режиме фазовращателя. На шпинделе арматуры установлены бесконтактные концевые выключатели БКВ и при необходимости потенциометр Пот. В случае прямого или безредукторного приводов концевые выключатели и потенциометр могут не использоваться, поскольку ДПР позволяет сформировать абсолютный код углового положения вала двигателя, а, следовательно, и шпинделя арматуры. Однако концевые выключатели целесообразно устанавливать для резервирования с целью повышения надежности. Для регулирования расхода, давления или других параметров протекающей среды на арматуру устанавливается соответствующий датчик, например, датчик расхода ДР.

Обмотка моментного двигателя запитывается от транзисторного усилителя мощности, содержащего трехфазный транзисторный мост ТМ и драйвер ТД, подключенный к выходу микроконтроллера, формирующему систему трехфазных гармонических напряжений в форме ШИМ сигналов. Этот выход микроконтроллера называется волновым

генератором ВГ (WG). Микроконтроллер снабжен дополнительными ШИМ выходами для питания входных обмоток редуктосина в режиме фазовращателя системой двухфазных напряжений, сдвинутых на 90 электрических град. Для измерения тока двигателя на выходах транзисторного моста установлены датчики тока ДТ.

Сигналы со всех датчиков поступают в микроконтроллер через встроенные периферийные устройства:

- процессор событий ПС (ЕРА) для ввода импульсов с выхода фазовращателя ДПР, сдвиг фазы которых пропорционален углу поворота датчика положения ротора;
  - сервер обработки транзакций СОТ (PTS) для инициализации процесса прерывания при поступлении команды от одного из концевых выключателей БКВ;
  - аналогово-цифровой преобразователи для ввода сигналов с потенциометра Пот, датчиков тока ДТ и расхода ДР.
- Сервер обработки транзакций СОТ используется также для подключения

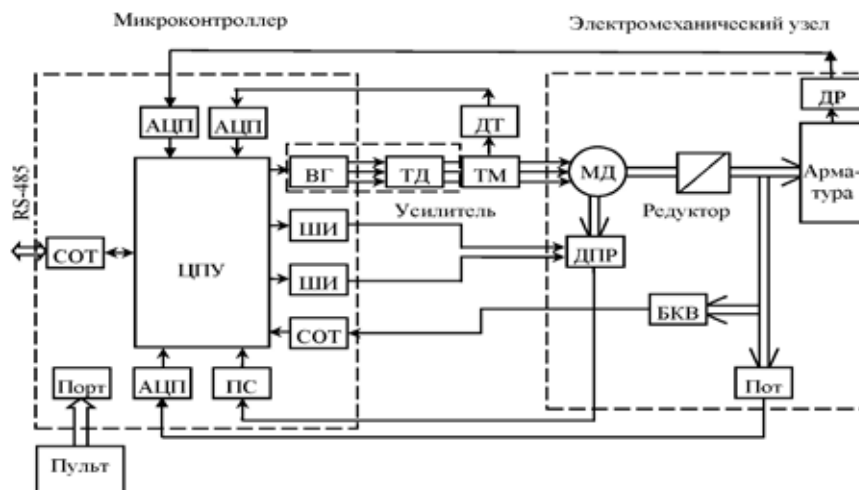


Рис. 8. Схема электронного блока управления перспективного электропривода

шины RS-485 для связи с системой управления верхнего уровня при приеме команд управления, а также при отправке контрольной и диагностической информации.

Управление и контроль электропривода может осуществляться также с местного пульта через встроенный параллельный или последовательный порт микроконтроллера. На схеме не показаны необходимые схемы масштабирования и гальванической развязки сигнальных цепей.

Микроконтроллер решает следующие основные задачи:

- преобразование координат и формирование структуры вентильного двигателя;
- регулирование тока (и пропорционального ему момента на валу или усилия на штоке), скорости движения, положения запорного элемента арматуры или параметра текущей среды (давления, расхода);
- связь с системой управления верхнего уровня;
- контроль и диагностику арматуры и электропривода.

Требуемые режимы регулирования формируются путем замыкания соответствующих контуров регулирования с помощью переключателей П1 – П4 в соответствии с табл. 1. Команда 0/1 означает, что положение переключателя безразлично.

Требуемые значения регулируемых параметров формируются в микроконтроллере по сигналам от системы управления верхнего уровня или с местного пульта. При высоких требованиях по точности регулирования скорости, положения или расхода среды система регулирования строится по принципу подчиненного регулирования. Напри-

Таблица 1  
Режимы управления

| Режим  | П1 | П2  | П3  | П4  |
|--|----|-----|-----|-----|
| Пуск/Останов                                 | 0  | 0   | 0   | 0/1 |
| Регулирование тока (момента)                 | 1  | 0/1 | 0/1 | 0/1 |
| Регулирование скорости движения              | 0  | 1   | 0/1 | 0/1 |
| Регулирование положения запирающего элемента | 0  | 0   | 1   | 0   |
| Регулирование расхода                        | 0  | 0   | 1   | 1   |

мер, при регулировании положения или расхода замыкаются все контуры регулирования: тока, скорости, положения. Все эти задачи выполняются одним микроконтроллером в составе электропривода путем его программирования.

Таким образом, встроенный микроконтроллер способен решать все задачи регулирования, защиты, контроля диагностики и связи электропривода с системой управления верхнего уровня.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Перспективные электроприводы судовой арматуры целесообразно строить по унифицированной схеме на базе встроенного микроконтроллера и БДПТ, в частности, ДБМВ с непрерывным управлением от датчиков положения ротора типа редуктосин и снабженных датчиками тока, температуры обмотки двигателя и бесконтактными концевыми выключателями. Это позволит реализовать электроприводы как мехатронные системы со встраиваемым микроконтроллером, подключенным к системе управления верхнего уровня (КСУ ТС) цифровой шиной и обеспечивающие решение всех задач регулирования и защиты, а также осуществить переход к распределенным системам управления корабельной арматурой.

Таким образом, первоначально чисто механическое устройство управления запорной арматуры превратится в мехатронный преобразователь запорно-регулирующей арматуры с преимущественной долей электроники.

### ЛИТЕРАТУРА

1. All-Electric Ship Could Begin to Take Shape By 2012. Online: <http://www.nationaldefensemagazine.org/archive/2007/November/Pages/All-Electric2453.aspx>
2. Трубопроводная арматура с автоматическим управлением: Справ./Под общей ред. С.И. Косых. – Л.: Машиностроение, 1982.
3. Johnson G. Судовая арматура: широкая номенклатура, реальная потребность // Арматуростроение. – 2010. – №5.
4. Филиппов Н.Г. Исполнительный механизм или актуатор? // Арматуростроение. – 2008. – № 2.
5. Антропов А.Т. Автоматизированный электропривод: тенденции развития // Itech. – 2008. – № 10.
6. Сироткин В.Л. Смартприводы как следствие развития систем АСУТП или к вопросу выбора электроприводов для трубопроводной арматуры // Арматуростроение. – 2007. – №1.
7. Антропов А.Т. Интеллектуальные электроприводы промышленной трубопроводной арматуры. Особенности применения // Арматуростроение. – 2011. – №4.
8. Гарганеев А.Г., Каракулов А.С. Интеллектуальный электропривод как элемент распределенной АСУ // Itech. – 2006. – № 4.
9. Овчинников И.Е. Вентильные электрические двигатели и привод на их основе (малая и средняя мощность). – М: Изд-во «Академия», 2006.
10. Голландцев Ю.А. Вентильные индукторно-реактивные двигатели. – СПб: Электроприбор, 2003.
11. Кенио Т. Шаговые двигатели и их микропроцессорные системы управления / Пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1987.
12. Микеров А.Г. Прямой привод в России. Control Engineering, Россия, февраль 2012.
13. Он же. Выбор моментного двигателя прямого и редукторного электроприводов. Control Engineering, Россия, август 2012.
14. Гольдфарб В.И., Трубаев Е.С. Что делать и чего не делать при выборе и проектировании редукторов ТПА // Арматуростроение. – 2010. – № 1.
15. Микеров А.Г., Рубцова Е.А. Выбор моментных двигателей систем автоматического управления по их энергетическим и динамическим показателям // Изв. СПб-ГЭТУ «ЛЭТИ», 2010, №6.
16. Электродвигатели бесконтактные моментные постоянного тока встраиваемые ДБМВ. МОП 44 001.15-2011.
17. Андрацук С.П., Белогорцев Ю.Г., Лоцицкий О.Е., Моря А.В., Гудев В.А. Мехатронный электропривод клапана запорной арматуры на основе двигателя с постоянными магнитами и гладким якорем // Морской вестник. – 2011. – №39. ■

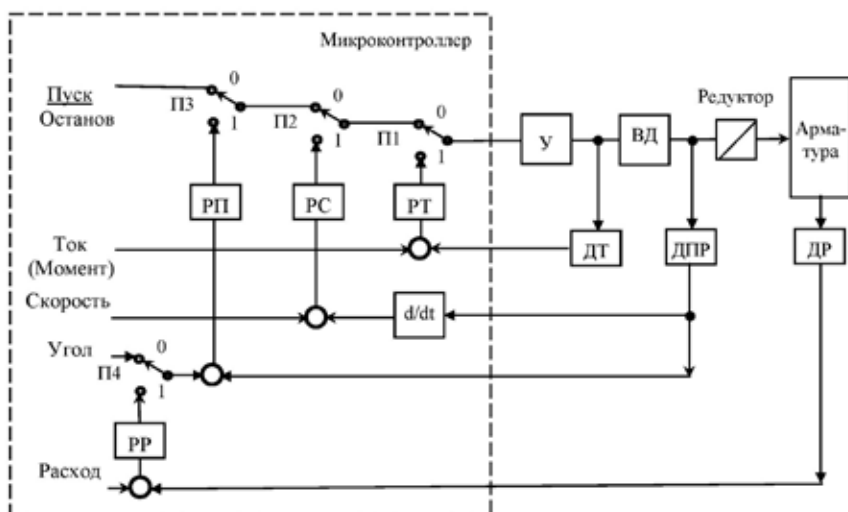


Рис. 9. Обобщенная функциональная схема системы регулирования. Здесь ВД – вентильный двигатель, У – усилитель мощности, ДТ – датчик тока, ДПР – датчик положения ротора, ДР – датчик расхода (для случая регулирования расхода), РТ – регулятор тока, РС – регулятор скорости, РП – регулятор положения, РР – регулятор расхода, d/dt – дифференциатор. Кружками отмечены элементы сравнения.

# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕПЛОВЫХ СХЕМ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК НА ТАНКЕРЕ

А. Г. Даниловский, д-р техн. наук, проф.,  
А. А. Иванченко, аспирант, ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова,  
Мью Чжо Ту, аспирант СПб ГМТУ,  
контакт. тел. (812) 663 8338

Танкеры нуждаются в значительном количестве тепловой энергии в виде энергии пара в основном для технологических нужд судна – подогрева, разогрева и выгрузки перевозимого груза, мойки танков, а также для общесудовых, бытовых нужд и нужд СЭУ. В табл. 1 представлены характеристики двух танкеров отечественной постройки.

Как видно из табл. 1, на танкерах установлены мощные вспомогательные котлы (ВК). При полной производительности  $D_{ВК}$  расход топлива на ВК  $V_{ВК}$  близок к расходу топлива на главные двигатели  $V_{ГД}$  или даже превосходит его.

На танкерах применена традиционная схема, представленная на рис. 1, питания потребителей паром из общей

нах дизелей, ограничивает его количество возможностью охлаждения выхлопных газов с 235–240 до 200–210 °С. При этом получается лишь небольшое количество пара, а утилизация теплоты

Таблица 1 продувочного воздуха становится невозможной. Это приводит к необходимости покрытия недостающих потребностей за счет сжигания топлива во вспомогательных котлах, следствием чего становятся не только дополнительные затраты на топливо, но и дополнительные выделения веществ, загрязняющих окружающую среду.

На рис. 2 представлена тепловая схема отдельной вспомогательной котельной установки [1]. Она названа так потому, что в отдельных источниках генерируется пар различных параметров, и он направляется к разным потребителям.

В состав утилизационного котла включены два контура, каждый из ко-

торых настроен на определенную температуру. Первый с небольшой площадью теплообмена достаточен для генерации пара с температурой и в количестве, необходимых для подогрева топлива, сжигаемого в главных и вспомогательных двигателях, работающих параллельно. Для топлива М-100 выше указана температура 180 °С и давление 1 МПа (пар насыщенный). Второй контур должен быть настроен на ограничение по низкотемпературной коррозии. Как известно, точка росы связана с содержанием серы S в топливе. При значении S, характерном для топлива М-100 (4–5%), точка росы соответствует 138 °С. С учетом возможности снижения температуры на переменных режимах допустимая температура генерируемого пара 143 °С, чему соответствует давление насыщения 0,4 МПа. При наличии температурного напора между газами и кипящей водой ( $\approx 25$  °С) выхлопные газы можно охладить до 170 °С. Фактически в двухконтурном УК может быть получено пара вдвое больше, чем в одноконтурном с давлением 1 МПа: газы охлаждаются от 240 до 170 °С, а не до 205 °С.

Кроме двухконтурного утилизационного котла в состав системы утилизации тепловых потерь включена высокотемпературная секция (ВТС) охлаждения продувочного воздуха, не имеющая ограничений по сернистой коррозии, что позволяет охлаждать воздух до пределов, ограниченных целесообразностью. По нашему мнению, это температура 120–130 °С, обеспечивающая получение насыщенного пара с давлением 1,2–1,3 бар. При температуре продувочного воздуха на выходе из нагнетателя 160–180 °С в ВТС может быть получено пара не меньше, чем в каждой из секций двухконтурного УК.

Для сравнительного анализа объединенной и отдельной тепловых схем ВКУ разработаны математические и программные модели, обеспечивающие имитационное моделирование эксплуатации танкера в стохастических условиях внешней среды. Программные модели позволяют определять случайные значения параметров окружающей среды на линии эксплуатации – температуры воздуха и забортной воды и дли-

Расход топлива на главные двигатели и вспомогательные котлы

| Наименование танкера  | DW, тдв | $N_{\text{нмдм}}$ , кВт | $K_2$ | $V_{\text{ГД}}$ , т/ч | $D_{\text{ВК}}$ , т/ч | $V_{\text{ВК}}$ , т/ч |
|-----------------------|---------|-------------------------|-------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| «Троицкий мост»       | 41100   | 8310                    | 0,9   | 1,3                   | 1x19                  | 1,01                  |
| «Московский проспект» | 100150  | 14280                   | 0,9   | 2,22                  | 2x25                  | 2,66                  |

магистрали, на которую работают вспомогательный (ВК) и утилизационный (УК) котлы. Она не обеспечивает глубокой утилизации теплоты вторичных энергоресурсов, так как температура получаемого пара должна быть достаточной для подогрева потребителя с наибольшей требуемой температурой – обычно это тяжелое топливо (РМК-55, М-100), нуждающееся в паре с температурой 180 °С. Получение указанного пара в утилизационных котлах, работающих на выпускных газах малооборот-

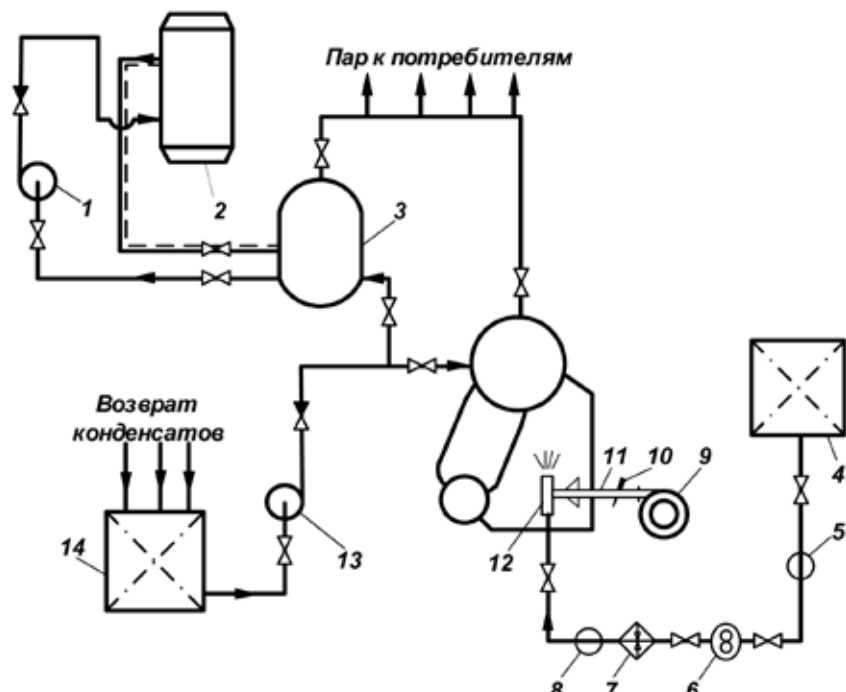


Рис. 1. Схема объединенной вспомогательной котельной установки:  
1 – циркуляционный насос УК; 2 – утилизационный котел (УК); 3 – сепаратор пара УК; 4 – отстойно-расходная топливная цистерна; 5, 8 – фильтры холодного и горячего топлива; 6 – топливный насос; 7 – топливоподогреватель; 9 – котельный вентилятор; 10 – воздушные заслонки; 11 – воздухопровод; 12 – форсунки; 13 – питательный насос; 14 – теплый ящик

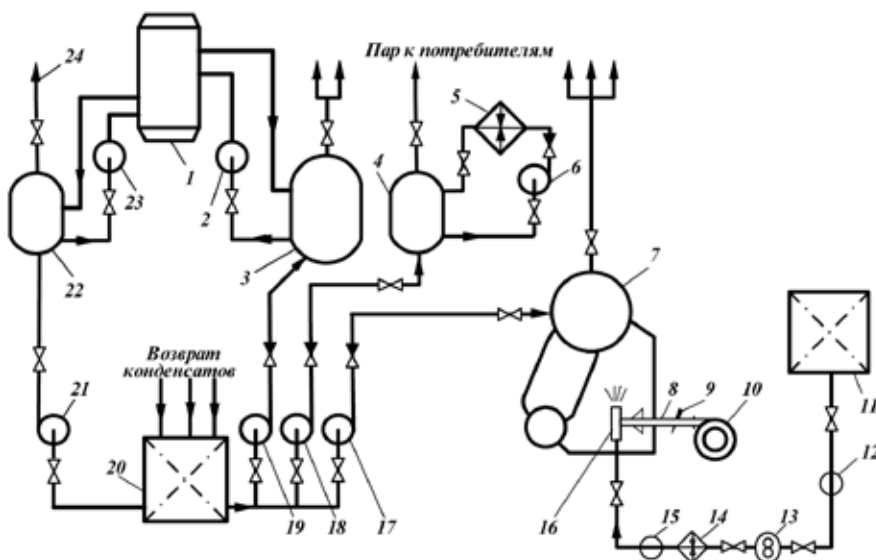


Рис. 2. Раздельная система питания потребителей паром

1, 6, 23 – циркуляционные насосы УК и ВТС; 2 – двухсекционный утилизационный котел (УК); 3 – сепаратор пара секции низкого давления; 4 – сепаратор пара ВТС; 5 – высокотемпературная секция охлаждения продувочного воздуха (ВТС); 7 – вспомогательный котел (ВК); 8 – воздухопровод; 9 – воздушные заслонки; 10 – котельный вентилятор; 11 – отстойно-расходная топливная цистерна; 12, 15 – фильтры холодного и горячего топлива; 13 – топливный насос; 14 – топливоподогреватель; 16 – форсунки; 17 – питательный насос ВК; 18 – питательный насос ВТС; 19, 21 – питательные насосы секций УК; 20 – теплый ящик; 22 – сепаратор секции высокого давления УК; 24 – пар на подогрев топлива главного двигателя

тельности периода устойчивой погоды, а также выполнять контроль за прохождением заданной линии эксплуатации; расчет потребностей в паре для общесудовых и бытовых нужд и для подогрева топлива, сжигаемого в главных двигателях (ГД), дизель-генераторах (ДГ) и ВК; расчет расхода пара на обогрев перевозимого груза; расчет производительности теплоты и пара в двух схемах утилизации – традиционной (см. рис. 1) и предлагаемой нами (см. рис. 2); расчет экономии топлива и эквивалентных затрат в двух сравниваемых схемах [2].

Были выполнены расчетные исследования сравниваемых схем на указанных в табл. 1 танкерах, эксплуатирующихся из порта Высоцк на трех линиях, отличающихся протяженностью кругового рейса (11 880, 8086 и 6192 миль), расположенных в разных климатических зонах. Линия Санкт-Петербург–Новый Орлеан предусматривает пересечение северного тропика и изменение формы годового хода температуры. Остальные линии проложены по Атлантике, севернее линии перемены формы годового хода температур.

В соответствии с периодом эксплуатации изменяются потребности в тепловой энергии и производительности системы утилизации. В разгар зимнего периода потребности в паре превышают производительность системы утилизации и недостаток пара восполняется за счет сжигания топлива в ВК. По мере роста температуры потребности в паре снижаются, а производительность системы утилизации возрастает. При

определенном значении температуры они становятся равными, и далее танкер эксплуатируется без включения ВК. За рейс танкера «Московский проспект» экономится до 140 т топлива благодаря работе схемы ВКУ с двухконтурными котлами и ВТС, что составляет ок. 8% общего расхода топлива на судне на протяжении всего рейса. Большая часть экономии реализуется на протяжении первой половины рейса в связи с подогревом перевозимого топлива. Есть экономия и на втором плече рейса, однако в балластном пробеге потребность в паре снижается, как и экономия топлива.

Предлагаемая схема ВКУ предполагает установку дополнительного оборудования и необходимость его учета при анализе эффективности. Предлагаемый двухконтурный котел прост в изготовлении. Например, СКБК ([www.skbk.ru](http://www.skbk.ru)) изготавливает «КУП 180», состоящий из двух секций по 90 м<sup>2</sup>. Разделение секций и организация их работы на два коллектора не представляет труда и не требует больших затрат. Можно предположить, что стоимость двухконтурных котлов пропорциональна поверхности их теплообмена.

Определена стоимость дополнительного оборудования и вычислены приведенные затраты для двух вариантов тепловых схем ВКУ одного танкера. Экономия приведенных затрат для традиционной схемы на танкере «Московский проспект» составляет 283,4 тыс. долл./год, для предлагаемой схемы – 588,5 тыс. долл./год.

В связи с экономией топлива появляется возможность перевозки дополнительного количества груза, следовательно, тепловые схемы можно сравнивать также по согласованному критерию [3] с учетом дополнительного дохода от перевозок. Полный экономический эффект от применения объединенной схемы ВКУ составит

$$\mathcal{E}_1 = 283,4 + 169,566 = 453 \text{ тыс. долл./год.}$$

Полный экономический эффект  $\mathcal{E}_2$  от применения раздельной схемы ВКУ составит:

$$\mathcal{E}_2 = 588,5 + 384,889 = 973,4 \text{ тыс. долл./год.}$$

За счет экономии топлива не только получен экономический эффект, но и достигнуто снижение вредных выбросов в окружающую среду, в том числе снижение годового выброса углекислого газа на 4054,05 т и снижение тепловыделения на 59150,52 т МДж/год.

По всем показателям, на всех линиях, для всех исследованных танкеров, для всех скоростей и при различной стоимости топлива предлагаемая схема (см. рис. 2) приблизительно вдвое превосходит традиционную (см. рис. 1), что свидетельствует о ее высокой эффективности и целесообразности использования на строящихся судах.

## ВЫВОДЫ

1. Традиционные схемы утилизации тепловых потерь не используют полностью имеющийся потенциал вторичных энергоресурсов главных двигателей, в качестве которых на нефтеналивных танкерах применяют малооборотные двигатели с высоким КПД, но низкой температурой выпускных газов. Схемы настроены на получение пара с температурой 180 °С и давлением 1 МПа, необходимого для подогрева топлива, сжигаемого в главных и вспомогательных двигателях и вспомогательных котлах. Вместе с тем на судне такого пара нужно немного – 3–4%, а остальные потребители нуждаются в более низкой температуре пара.

2. Предложена так называемая «раздельная» схема вспомогательной котельной установки, обеспечивающая выработку пара различных параметров и подачу этого пара к потребителям, нуждающимся в паре таких параметрах. Раздельная схема включает двухконтурный утилизационный котел и контур охлаждения продувочного воздуха. На режимах полного использования утилизируемого пара его получается приблизительно в три раза больше, чем при традиционной схеме.

3. Разработан комплекс математических и программных моделей, позволяющих проводить сравнитель-

ный анализ традиционных (объединенных) и предлагаемых отдельных тепловых схем ВКУ. Модели позволяют определять стохастические параметры окружающей среды на линии эксплуатации, определяющие потребность в расходе пара на бытовые, общесудовые нужды, нужды СЭУ и подогрев перевозимого груза, и сравнивать эти потребности с возможностями систем утилизации тепловых потерь главных двигателей. В случае нехватки пара, получаемого в системах утилизации, добавляется пар от ВК, работающих на топливе. Если потребность в паре равна или ниже производительности систем утилизации, ВКУ работает только за счет системы утилизации – без включения ВК на топливе. Для объединенной схемы это характерно лишь для балластного пробега, да и то только в теплой зоне движения по Атлантике. Для отдельной схе-

мы – это обычное явление, а в летнее время – на протяжении всего рейса.

4. Учет затрат на дополнительное оборудование в отдельной схеме не изменяет вывода о преимуществе этой схемы по сравнению с традиционной. Значительная экономия топлива позволяет увеличить грузоподъемность и получить дополнительный доход от перевозки груза. Общая экономия затрат на танкере «Московский проспект» типа AFROMAX составляет 973,4 тыс. долл./год. Получен дополнительный выигрыш от снижения выбросов парниковых газов и ограничения теплотерь в окружающую среду.

5. Выводы о преимуществе отдельной схемы ВКУ по сравнению с традиционной схемой устойчивы в широком диапазоне варьирования влияющих факторов – размеров судна, скорости хода, линии эксплуатации, календарного времени осуществления рейса, стоимости топлива.

## ВВЕДЕНИЕ

Работающие механизмы и оборудование вызывают повышенную вибрацию на судах, следствием которой становятся ухудшение условий обитаемости и здоровья экипажа, уменьшение производительности труда, снижение надежности и долговечности конструкций. Среди эффективных способов уменьшения вибрации следует выделить виброизоляцию, разделяющую исходную колебательную систему на две части: источник возбуждения колебаний и защищаемый объект, в качестве которых могут рассматриваться механизмы, оборудование или корпусные конструкции. Указанные части соединяются при помощи резинометаллических, пневматических или пружинных амортизаторов.

Проектируя (анализируя) виброизоляцию, важно исключить резонансные колебания конструкции и максимально демпфировать колебательные процессы. При этом эффективность предлагаемых инженерных решений может оцениваться при помощи прогнозных расчетных моделей, формируемых на основе метода конечных элементов (МКЭ). Отсутствие надежных данных по жесткостным и диссипативным свойствам материалов и конструкций предопределяет необходимость проведения экспериментальных исследований.

Предварительного обоснования требует также сама расчетная модель колебательной системы. В идеальном случае она должна отслеживать пространственные (3D) перемещения конструкций. Однако 3D аппроксимации полей перемещений приводят к большим порядкам системы разрешающих уравнений. Их решение связано с преодолением сложностей вычислительного характера, особенно при анализе двухкаскадной амортизации объекта.

Целью проводимых исследований является разработка специализированной расчетно-экспериментальной методики, позволяющей устранить отмеченные проблемы.

## МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ И РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВИБРОИЗОЛЯЦИИ СУДОВЫХ МЕХАНИЗМОВ И ОБОРУДОВАНИЯ

*Е. И. Короткая, соискатель, доцент,*

*Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота, г. Калининград,*

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

*Балтийский федеральный университет им. И. Канта,*

*Институт транспорта и технического сервиса, г. Калининград*  
контакт. тел. 8 (4012) 36 8343

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве примера на рис. 1 показаны две схемы. Первая (рис. 1, а) из них представляет двухкаскадную амортизацию основания вибрирующего механизма, защищающую корпус судна. Во второй схеме (рис. 1, б) корпус, наоборот, является источником вибрации, а в качестве защищаемого (изолируемого) объекта рассматривается, например, жилой блок.

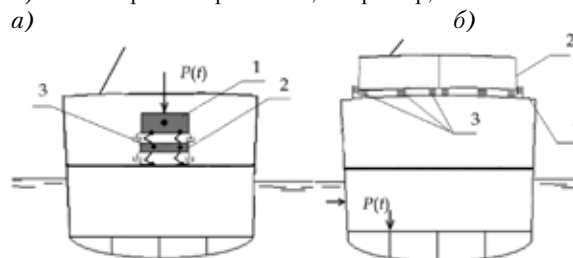


Рис. 1. Схемы защиты объекта от вибрации:  
а – защита корпуса с помощью двухкаскадной амортизации

1 – механизм, оборудование; 2 – опорная платформа;  
3 – амортизаторы;

б – защита жилого блока с помощью виброизоляции  
1 – палуба; 2 – жилой блок; 3 – виброизоляция

Результатами расчетов виброизоляции являются выходные характеристики колебательной системы (частоты, амплитуды, силы), полученные с учетом свойств, характеристик и параметров ее составных элементов (включая конструкцию, материал, упругие, неупругие, диссипативные свойства, а также нагрузки, изменяющиеся во времени и др.).

Этапы расчетного анализа включают (рис. 2):

1. Формирование базы исходных данных.
2. Построение исходной пространственной (3D) конечно-элементной расчетной модели анализируемых объектов
3. Структуризацию исходной модели и построение преобразованной расчетной схемы колебательной системы.
4. Расчеты выходных характеристик динамики конструкции с применением преобразованной расчетной схемы, включая оценку собственных частот изолируемого объекта (для оценки возможности резонансных явлений), уровней вынужденной вибрации и сопоставление их с существующими нормативами.

При необходимости: в результате расчетных исследований могут быть даны рекомендации по изменению виброзащитной системы.

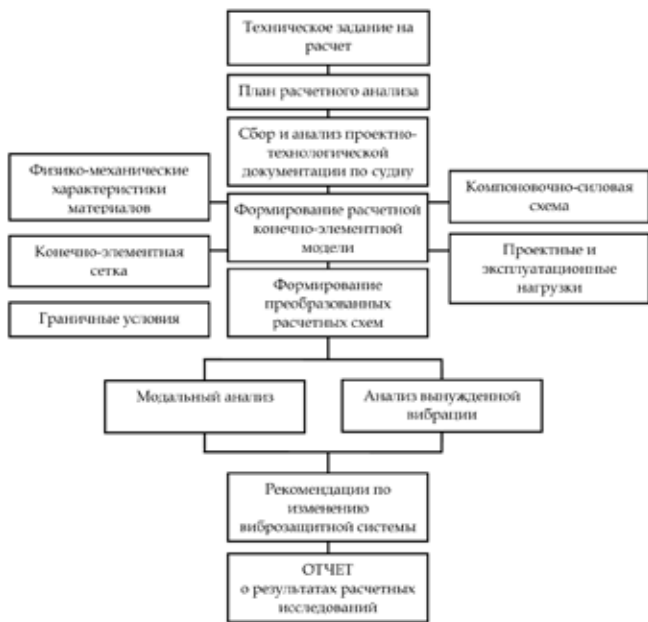


Рис. 2. Этапы анализа колебательной системы

Во временной области реакции (перемещения) системы  $\{X(t)\}$ , возникающие в результате действия изменяющихся внешних нагрузок  $\{P(t)\}$ , определяются на основе вычислительных процедур решения системы дифференциальных уравнений второго порядка (1), отражающей баланс между силами инерции, трения и упругости и внешними силами:

$$\|M\|d^2\{X(t)\}/dt^2 + \|B\|d\{X(t)\}/dt + \|R\|\{X(t)\} = \{P(t)\}, \quad (1)$$

где  $\|R\|$  и  $\|M\|$  – матрицы коэффициентов жесткости и массы системы;  $\{X(t)\}$  – вектор перемещений системы;  $\|B\|$  – матрица коэффициентов демпфирования.

Переход в частотную область сопровождается преобразованием (1) в область изображений Лапласа (с переменной  $p$ ) [1, 2]:

$$\|Z(p)\|\{X(p)\} = \{P(p)\}, \quad (2)$$

где  $\|Z(p)\| = p^2\|M\| + p\|B\| + \|R\|$  – динамическая матрица жесткости системы.

Обращение (2) позволяет определить реакции системы через передаточную функцию  $\|H(p)\|$ , содержащую функции комплексного переменного

$$\{X(p)\} = \|Z(p)\|^{-1}\{P(p)\} = \|H(p)\|\{P(p)\}. \quad (3)$$

Если демпфированием в системе можно пренебречь, то динамическая матрица  $\|Z(p)\|$  в частотной области является действительной:

$$\|Z(p)\| = \|R\| - \omega^2\|M\|. \quad (4)$$

Действительной является также и передаточная матрица (частотная характеристика системы)  $\|H(p)\|$ , что позволяет использовать выражение (3) для определения амплитуд перемещений системы при действии внешних нагрузок, изменяющихся по гармоническому закону. Варианты вычислительных схем, предназначенных для численного исследования динамики конструкций, реализованы в программных комплексах CAE (computer-aided engineering) класса, например, в ANSYS [3] и др.

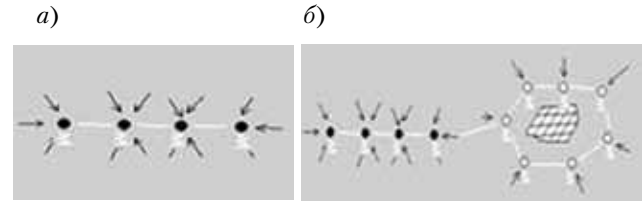


Рис. 3. Подструктуры преобразованных расчетных схем конструкции и характер решаемых прикладных задач: а – подструктура расчетных узлов, назначенных в местах концентрации масс и приложения изменяющихся внешних детерминированных и случайных нагрузок, а также в местах установки датчиков измерительных цепей; б – подструктура расчетных и контурных узлов, которые назначаются по периметру конструктивных фрагментов для расчета реальных граничных условий (например, палуб, на которых установлены механизмы, оборудование, либо жилые помещения)

Особая сложность расчетного анализа колебательной системы связана с необходимостью учета характера и степени пространственного взаимодействия (взаимовлияния) разделяемых объектов, включая фрагменты судового корпуса. В случае реального конструирования и оптимизации конструкций расчет ее подробной расчетной модели на основе традиционной схемы МКЭ оказывается весьма трудоемким и малоэффективным. Для снижения порядка анализируемой модели исходная расчетная схема (традиционная схема МКЭ) преобразуется путем перехода к подструктурам, объединяющим узлы приведения различного функционального назначения (рис. 3). При этом нагрузки и жесткости модели поэтапно конденсируются (алгебраически уплотняются), образуя подструктуры с обобщенными связями с внешней (исключенной) частью модели [4].

По топологическому признаку вводимые подструктуры узлов приведения подразделяются на плоские и объемные, рассредоточенные и локально сосредоточенные. Они выявляют важные системоопределяющие свойства корпусных конструкций, разделяя их на части и отслеживая сравнительно небольшое (но необходимо достаточное) число степеней свободы. Средством преобразований расчетной схемы служат матрично-векторные равенства следующего вида [4]:

$$\|R'_{pp}\| = \|R_{pp}\| - \|R_{p\Omega}\| \cdot \|R_{\Omega\Omega}\|^{-1} \cdot \|R_{\Omega p}\|; \quad (5)$$

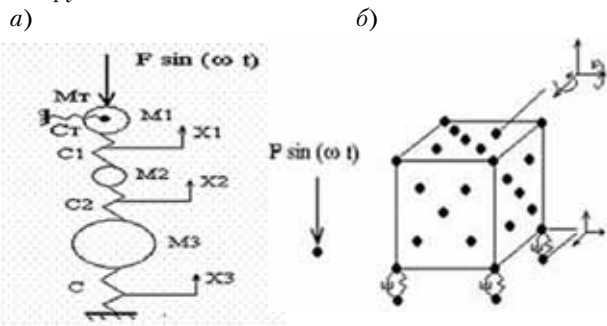
$$\|M'_{pp}\| = \|M_{pp}\| + \|G\| \cdot \|G\|^T; \quad (6)$$

$$\|G\| = -\|L\|^T \cdot \|M_{\Omega\Omega}\|^{-1/2}, \quad \|L\| = -\|R_{\Omega\Omega}\|^{-1} \cdot \|R_{\Omega p}\|, \quad (7)$$

где  $\|R'_{pp}\|$  и  $\|M'_{pp}\|$  – матрицы коэффициентов жесткости и массы узлов приведения;  $\|R_{pp}\|$ ,  $\|M_{pp}\|$  – аналогичные матрицы коэффициентов в исходных матрицах колебательной системы;  $\|R_{\Omega\Omega}\|$  и  $\|M_{\Omega\Omega}\|$  – блок-матрицы коэффициентов жесткости и массы исключаемых узлов (области модели  $\Omega$ ) системы;  $\|R_{p\Omega}\|$  и  $\|R_{\Omega p}\| = \|R_{p\Omega}\|^T$  – блок-матрицы коэффициентов жесткости взаимного влияния узлов. Расчет с использованием матрично-векторных равенств (5)–(7) реализован авторами в специализированной программе DESNA.

На рис. 4 приведены примеры преобразованных расчетных схем колебательной системы, в которых расчетные узлы

выбраны в местах концентрации масс, контактного взаимодействия частей колебательной системы (в опорных точках анализируемого объекта) и приложения изменяющихся внешних нагрузок.



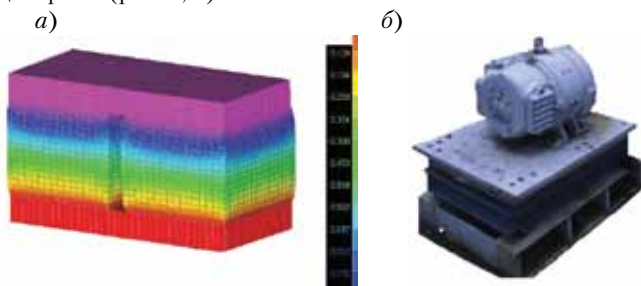
**Рис. 4. Преобразованные расчетные схемы:** а – трехмассовая преобразованная расчетная схема системы амортизации, учитывающая влияние опорных конструкций (корпуса); б – преобразованная расчетная схема жилого блока, в которой расчетные узлы обеспечивают необходимую фильтрацию частот и форм исходной колебательной системы, распространение экспериментально полученных откликов на всю систему, а также подбор амортизаторов без пересчета глобальной системы уравнений

Преобразованная модель фильтрует анализируемые частоты и формы колебаний исходной системы. Общее число и расположение расчетных узлов, а также число сохраняемых в них степеней свободы назначаются в зависимости от целей и особенностей расчета.

Исследования вибрации конструкций на конечно-элементных моделях сопровождаются экспериментальными исследованиями. С этой целью применяется лабораторное оборудование, включающее вибростенд, анализаторы для измерения и анализа сигналов динамических процессов, программное обеспечение для управления анализатором, калибровки каналов, настройки параметров измерений, управления процессом измерений и анализа данных.

Экспериментальные исследования позволяют оценить значения физико-механических характеристик материала амортизатора, а также границы его упругой работы. Найденные характеристики учитываются при построении конечно-элементных моделей. На рис. 5, а показана конечно-элементная модель амортизатора, которая используется для определения силовых характеристик (жесткостей) по возможным направлениям перемещений.

Для уточнения расчетных моделей и определения диссипативных свойств амортизирующих элементов с учетом особенностей крепления применяется стенды с одно- и двухкаскадной системой амортизации. В качестве источника колебаний для них используется вибростенд либо уравновешенный электродвигатель, приводящий в движение эксцентрики (рис. 4, б).



**Рис. 5. 3D конечно-элементная модель резинометаллического амортизатора (а) и испытательный стенд с двухкаскадной системой амортизации (б)**

Преобразованная расчетная схема реальной конструкции также обосновывается результатами натурных экспе-

риментальных исследований. При этом она используется не только в качестве модельного средства для изучения реакций системы на динамическое воздействие, но, и в качестве средства распространения экспериментальных откликов (поля обобщенных перемещений  $\rho$ ) на всю систему (область  $\Omega$ ) на основе следующего матрично-векторного равенства:

$$\{q_{\Omega}\} = R_{\Omega}^{-1} \cdot P_{\Omega} - R_{\Omega}^{-1} \cdot R_{\Omega p} \cdot \{q_p\}. \quad (8)$$

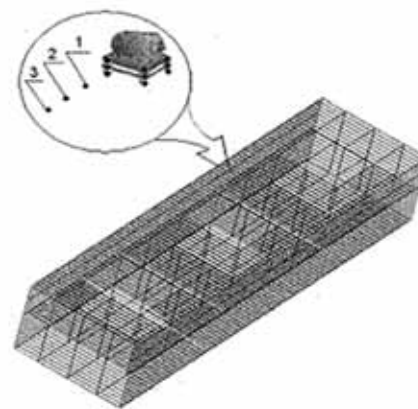
Матрица коэффициентов демпфирования модели конструкции может определяться как линейная комбинация матриц массы и жесткости [5]

$$\|B'_{pp}\| = \alpha \|M'_{pp}\| + \beta \|R'_{pp}\|, \quad (9)$$

где  $\alpha$  и  $\beta$  – действительные коэффициенты.

Для определения коэффициентов матрицы жесткости и масс системы приводятся к расчетным узлам (перемещениям) с заданными характеристиками внешнего гармонического воздействия.

Для учета конструкционного демпфирования амортизатора можно воспользоваться гипотезой Сорокина, согласно которой диссипативная сила принимается пропорциональной силе упругости [6]. Указанное условие позволяет определить коэффициенты демпфирования амортизатора при заданной частоте колебаний  $\omega$  в виде произведения коэффициента потерь  $\gamma$  на коэффициент жесткости  $\gamma$  амортизирующего элемента  $b = \gamma \frac{r}{\omega}$ . При этом коэффициент потерь определяется известными способами [7–9].



**Рис. 6. Расчетная стержневая конечно-элементная модель корпуса транспортного рефрижератора**

Выявляемые расчетно-экспериментальным путем зависимости коэффициента демпфирования от частоты и температуры позволяют выполнять моделирование и расчеты систем амортизации в условиях, близких к реальным.

В иллюстративном расчетном примере амортизируемый электродвигатель массой 100 кг установлен на фундаменте (стальном листе массой 135 кг) нижней палубы транспортного рефрижератора пр.1337. В альтернативном расчетном варианте анализируется эффективность двух-каскадной амортизации двигателя, образованной четырьмя резино – металлическими амортизаторами (с жесткостью 31,67 Н/м), промежуточной сварной рамой и четырьмя амортизаторами аналогичной жесткости. Общая масса устанавливаемых конструкций в сравниваемых вариантах принималась одинаковой.

В расчетах использовалась стержневая конечно-элементная модель трех центрально расположенных отсеков судна (см. рис. 6). Двигатель в первом приближении представлен в расчетах двухмассовой моделью в жесткой (rigid) рамке. Преобразованная расчетная схема конструкции корпуса судна включала наряду с опорными узлами амортизаторов, также узлы пересечений связей нижней палубы, в которых сохранялись лишь вертикальные перемещения. Амплитуда

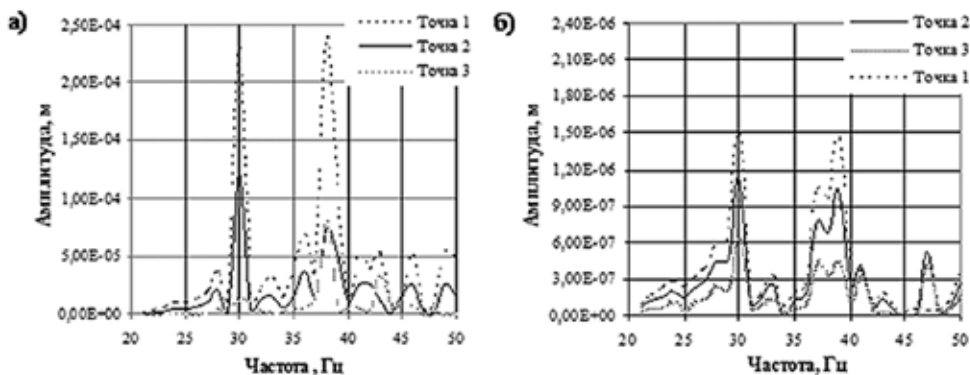


Рис. 7. Гармонические отклики в виде амплитуд вертикальных колебаний в расчетных узлах (точках) конструкции: а – при установке двигателя непосредственно на фундаменте палубы; б – при установке двигателя на два каскада амортизации

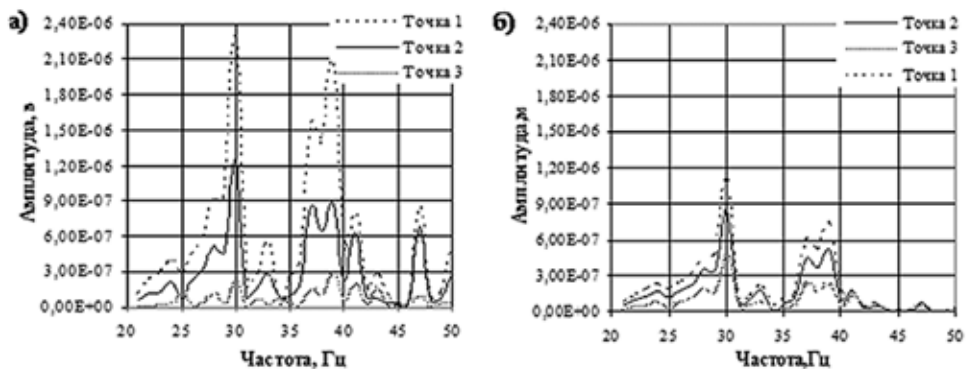


Рис. 8. Гармонические отклики в виде амплитуд вертикальных колебаний в расчетных узлах конструкции: а – при установке двигателя на два каскада амортизации с учетом коэффициента сопротивления ( $144E2$  Н с/м) амортизаторов; б – при установке двигателя на два каскада амортизации с промежуточной герметичной рамой, заполненной водой с аналогичной общей массой

гармонической вынуждающей силы, приложенной к валу электродвигателя, составляла 3 кН. Гармонические отклики конструкции (амплитуды вертикальных колебаний) вычислялись в узлах преобразованной расчетной схемы конструкции. На рис. 7 приводятся отклики в трех расчетных узлах нижней палубы судна (в точках 1, 2 и 3), отстоящих один от другого на расстоянии шпации.

Результаты расчетов показывают, что установка двухкаскадной амортизации двигателя существенно снижает отклики (амплитуды) конструкции палубы в местах, находящихся в непосредственной близости от источника колебаний (рис. 7, 8).

При учете пропорционального демпфирования зафиксировано увеличение пиковых значений амплитуд основания на отдельных частотах внешнего гармонического нагружения (рис. 7, б и рис. 8, а). Причина роста амплитудных значений обусловлена влиянием основания (конструкции палубы судна) на колебания амортизируемого объекта, вовлечением основания в общий колебательный процесс. Расчетные исследования колебательной системы показали увеличение степени подобного влияния с ростом коэффициента демпфирования амортизаторов. Поэтому использование в колебательных системах демпфирующих элементов может приводить к ухудшению вибрационной обстановки в помещениях судна.

Устранение подобной проблемы возможно путем использования амортизации иного типа. В качестве примера альтернативного подхода к амортизации виброактивных

объектов можно привести решение по герметизации внутреннего объема промежуточной рамы амортизирующей системы и закачке в него воды. Программный комплекс ANSYS позволяет выполнить расчетный анализ динамики подобной конструкции с использованием конечных элементов типа FLUID.

Результаты гармонических откликов колебаний систем амортизации равной массы с герметичной рамой, заполненной водой и без воды (см. рис. 7, б и рис. 8, б), показывают, что вода способствует существенному уменьшению амплитуд колебаний основания рассматриваемой конструкции в широком диапазоне частот.

## ВЫВОДЫ

Изложенная методика численного моделирования вибрации судовых машин и оборудования обеспечивает определение граничных условий для отдельных фрагментов сложной колебательной системы, снижение порядка разрешающей системы уравнений и повышение производительности ее анализа (оптимизации). Дополнительными преимуществами

методики является возможность уточнения параметров расчетной модели экспериментальными исследованиями, а также распространения экспериментальных откликов (сигналов датчиков измерительной системы), получаемых в ограниченном числе точек, на всю конструкцию.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Allemang R. Vibrations: Analytical and Experimental Modal Analysis, course text. Ref: UC-SDRL- CN-20-263-662, Univ. of Cincinnati, Ohio, USA, 1992, p138.
2. Ewins D.J. Modal Testing: Theory and Practice, Research Studies Press Ltd, England, 1984.
3. Чигарев А. В., Кравчук А. С., Смалюк А. Ф. ANSYS для инженеров: Справ. пособие. – М.: Машиностроение. 2004. – 512 с.
4. Сутырин В. И. Методология конечно-элементного расчета анализа судовых корпусных конструкций при их проектировании. – Тр. Нижегородского гос. техн. ун-та им. Р. Е. Алексеева. – 2010. – № 2 (81). – С. 171–178.
5. Heylm W., Lammens S., Sas P. Modal Analysis Theory and Testing. D/1997/5769/2.
6. Постнов В. А. Вибрация корабля/В. А. Постнов, В. С. Калинин, Д. М. Ростовцев. – Л.: Судостроение, 1983. – 248 с.
7. Вибрации в технике: Справ. – В 6 т./Ред. совет В. Н. Челомей. – М.: Машиностроение, 1978. – Т. 1: Колебания линейных систем/Под ред. В. Болотина. – 1978. – 352 с.
8. Писаренко Г. С. Колебания механических систем с учетом несовершенной упругости. – Киев: Наукова думка, 1970. – 380 с.
9. Писаренко Г. С., Богинич О. Е. и др. Рассеяние энергии при колебаниях механических систем/ – Киев: Наукова думка, 1978. – 230 с. ■



Газотурбинные энергетические установки (ГТЭУ) за последние 60 лет развития стали неотъемлемой частью корабельной энергетики отечественного ВМФ. Использование газотурбинных двигателей в составе ГЭУ способствовало повышению боевых возможностей кораблей, а именно, улучшению манёвренности, увеличению дальности плавания и доли водоизмещения на вооружение и боезапас.

Повсеместное применение газотурбинных энергетических установок на кораблях всех промышленных стран связано с определенными их достоинствами:

- высокой энергоёмкостью, характеризующейся удельной мощностью 1–3 МВт/м<sup>3</sup> (1–2 МВт/т) и значительной агрегатной мощностью (40–50 МВт);
- приемлемой экономичностью на режимах номинальной нагрузки (0,190–0,200 кг/(кВт·ч) и малым расходом горюче-смазочных материалов в целом;
- высокой маневренностью и готовностью к действию (экстренное приготовление к действию 10–15 мин, реверс 10–45 с);
- высокой автоматизацией процессов управления, малой трудоемкостью технического обслуживания, высокой ремонтпригодностью [1].

Несмотря на эти достоинства современных ГТЭУ, существуют объективные причины, способствующие возникновению отказов и аварийных ситуаций при использовании по назначению на боевых кораблях. Эти причины иногда являются следствием указанных достоинств установок.

Высокая напряженность рабочего процесса газотурбинного двигателя (ГТД) делает их более чувствительными к воздействию таких негативных факторов внешней среды, как:

- гидрометеорологические параметры морской атмосферы;
- жёсткий спектр режимов эксплуатации (длительная работа на повышенных режимах, увеличение количества динамических режимов использования запусков, аварийных остановок, реверсов);
- снижение качества горюче-смазочных материалов;
- нарушение технологии и сроков технического обслуживания [2].

Накопленный опыт эксплуатации корабельных ГТЭУ показал возможности обеспечения их безотказной работы по следующим направлениям:

а) при использовании по назначению за счет:

- выбора рациональных режимов использования, обеспечивающих минимальный расход назначенного ресурса;
- проведения в установленные сроки и в полном объеме регламентных работ с учетом фактического технического

- состояния элементов установки;
  - локализации возникших отказов установки с целью максимально возможного обеспечения боевых возможностей кораблей и снижения затрат на восстановление;
  - совершенствования способа технического диагностирования установок на основе анализа существующей эксплуатационной информации;
  - применения рациональных способов восстановления технического состояния ГТЭУ после аварийных и боевых повреждений для наиболее полной реализации боевых возможностей корабля.
- б) совершенствования конструкции и технологии изготовления двигателей и установок в целом:

- снижения вибронпряжённости основных деталей проточной части двигателей;
- применения упругодемпферных опор подшипников;
- использования защитных покрытий турбинных лопаток, предотвращающих коррозию и окисление в продуктах сгорания топлива;
- установки воздухоочистительных устройств на входе в двигатель;
- совершенствования системы автоматического управления в направлении развития системы диагностирования и предупреждения отказов [3].

Решению этих задач способствует качественный анализ эксплуатационной информации, позволяющий достоверно оценивать техническое состояние установок. Проблема оценки текущего состояния ГТЭУ может быть решена только при наличии соответствующих средств технического диагностирования. С различной эффективностью эти проблемы решаются и в различных отраслях промышленного комплекса, а также в авиации.

В настоящее время широко применяется методика диагностирования ГТЭУ ВМФ по параметрам, регистрируемым в процессе эксплуатации. Как показывает анализ опыта эксплуатации, существующая методика недостаточно эффективна прежде всего из-за несовершенства алгоритма обработки параметров, регистрируемых в процессе эксплуатации. Существующая система

параметрического диагностирования корабельных ГТЭУ не позволяет полностью предотвращать отказы.

Методы контроля состояния ГТД отличаются от методов контроля его режима главным образом тем, что должны обеспечивать обнаружение возникающих в эксплуатации отказов и неисправностей на возможно более ранней стадии их развития. Приборы контроля режима в лучшем случае могут помочь установить, что произошел отказ, при этом далеко не всякий [3]. Следовательно, совершенствование методики диагностирования ГТЭУ остается важной и актуальной научно-технической задачей, решение которой позволит:

1.) получать оперативную информацию о техническом состоянии ГТЭУ для обоснованного принятия решения о ее дальнейшей эксплуатации или отправке в ремонт, или проведении частичной разборки и замене деталей и т. п.;

2.) прогнозировать и предупреждать развитие отказов в целях сокращения их максимально возможного числа при использовании ГТЭУ по назначению и снижать стоимость восстановительных ремонтов;

3.) локализовать отказы и идентифицировать их причины и признаки с целью минимизации объема работ по поиску и устранению дефектов.

Рецензенты:

**В. В. Барановский**, д-р техн. наук, проф.,

**С. Н. Казаринов**, канд. техн. наук, доцент, ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия»

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Рыбалко В. В. Корабельные газотурбинные энергетические установки (Проблемы разработки и эксплуатации). — СПб.: Изд. ВМИИ, 2003. — 382 с.
2. Анализ аварий котлотурбинных и газотурбинных энергетических установок надводных кораблей и мероприятий по их предупреждению: Отчет о НИР (3414) / Руководитель И. И. Петий; исполнитель В. В. Барановский и др. — СПб.: Изд. ВУНЦ ВМФ «ВМА», 1997. — 561 с.
3. Акимов В. М. Основы надежности газотурбинных двигателей. — М.: Машиностроение, 1981. — 207 с.
4. Равин А. А. Прогнозирование состояния судового энергомеханического оборудования. — СПб.: Моринтех-97, 1997. ■

## АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОТКАЗНОСТИ СУДОВЫХ ГАЗОТУРБИНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

**В. В. Рыбалко**, д-р техн. наук, проф.,  
**Ю. А. Клоченко**, адъюнкт, кап. 2 ранга,  
ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия»,  
контакт. тел. (812) 431 9435

С момента появления электроэнергии на кораблях и судах наблюдается постоянная и устойчивая тенденция к повышению суммарной мощности источников электроэнергии и потребителей.

Увеличение электроэнерговооруженности обусловлено как эволюционным, так и революционным развитием науки и техники, в частности, это можно объяснить следующим:

- повышением мощности корабельных систем обнаружения и стрельбовых комплексов;
- повышением мощности систем жизнеобеспечения (кондиционирование, бытовое обслуживание, освещение и т. д.);
- внедрением резервных комплексов электродвижения (если для подводных лодок это традиционно, то для надводных кораблей данное явление относительно новое);
- повышением мощности средств борьбы за живучесть;
- разработкой принципиально новых видов оружия (лазерного, пучкового, электродинамического и др.), являющегося исключительно энергоемким.

Развитие элементной базы и создание новых элементов электроэнергетической системы (ЭЭС) предопределяет возможности создания боевых надводных кораблей и судов с полным электродвижением.

Их преимущества:

- создание единой высоковольтной системы на переменном-переменном токе, что позволяет распределять вырабатываемую электроэнергию между системой электродвижения, общекорабельными нуждами и специальными потребителями (авиакатапульты, тралы, высокоэнергетическое оружие и др.);
- расширение возможностей кораблей за счет системы электродвижения (обеспечение высокой маневренности при использовании винторулевых колонок, высокая экономичность на парциальных режимах и др.);
- расширение возможностей размещения высокооборотных безредукторных генераторных агрегатов в бортовых, днищевых и палубных помещениях, не связывая их с уровнем гребного винта;
- размещение движительных колонок в морской воде снимет если не все, то многие вопросы охлаждения гребных двигателей.

Для внедрения полного электродвижения на кораблях и судах ВМФ РФ требуется значительное увеличение мощности корабельной ЭЭС.

В традиционных силовых сетях напряжением 400 В существенно увеличивать мощность дальше затруднительно, к тому же уже назрели другие проблемы:

## СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КОРАБЛЕЙ И СУДОВ С ЕДИНЫМИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ НА ВЫСОКОМ НАПРЯЖЕНИИ

*Г. С. Ясаков, д-р техн. наук, проф.,*

*Д. Б. Яковлев, адъюнкт, кап. 2 ранга, ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия»,  
контакт. тел. (812) 431 9408*

- трудно обеспечить электродинамическую стойкость элементов ЭЭС в аварийных режимах, в первую очередь это относится к коммутационно-защитным аппаратам. В настоящее время автоматические выключатели разрабатываются на предельной физической реализуемости;
- в связи с большими номинальными и аварийными токами сложно обеспечить термическую стойкость элементов, возрастает пожароопасность ЭЭС;
- кабельные трассы на любом корабле имеют большие массогабаритные показатели – до 40% массы всего электрооборудования, что затрудняет борьбу за живучесть корабля.

Один из вариантов повышения мощности ЭЭС – внедрение высокого напряжения. Применение ЭЭС на высоком напряжении уже наблюдается на судах (ледоколы «Вайгач» и «Таймыр» – построены в Финляндии, лайнеры «Queen Elizabeth» (3,3 кВ), «Eagle» (11 кВ), буровые судна типа «В. Шашин», трубоукладчиков проекта «Lorelay») и кораблях ВМС зарубежных стран («Мистраль» (6,6 кВ), эскадренный миноносец пр.45 (6,3 кВ), «Advanse» (6,3 кВ), атомные авианосцы США (4,4 кВ)).

Ознакомление с высоковольтными ЭЭС кораблей и судов зарубежной постройки показало их основные достоинства:

- возможность многократного увеличения мощности ЭЭС и создания единой ЭЭС;
- существенное (в несколько раз) снижение массогабаритных показателей кабельных трасс и системы канализации электроэнергии в целом;
- возможность увеличения (усиления) изоляции;
- некоторое увеличение массогабаритных показателей электрических машин;

- необходимость понижающих трансформаторов;
- неисследованность вопросов обеспечения электробезопасности.

Современное развитие науки и техники позволяют создавать новые энергетические установки с единой ЭЭС на высоком напряжении, обладающей многофункциональностью и обеспечивающей электроэнергией общекорабельные нужды, системы электродвижения и возможные перспективные виды оружия. Применение указанных систем на текущий момент считаем оправданным и необходимым при соответствующем обеспечении.

Однако внедрение высокого напряжения в ЭЭС корабля требует разрешения многих проблем, одна из которых – теоретическое обоснование режима нейтрали.

Накопленный сегодня опыт не позволяет сделать надлежащий выбор в пользу того или иного режима заземления нейтрали в корабельных условиях в соответствии с ограничениями, действующими для каждого типа сети. Опыт создания единой ЭЭС высокого напряжения для боевых кораблей в нашей стране отсутствует.

Существующая защита от однофазных замыканий не рассчитана на значительное повышение уровня электробезопасности. Ее задачи – предотвращение повреждения электрооборудования при однофазном замыкании и повышение уровня пожаробезопасности в высоковольтной корабельной ЭЭС.

Таким образом, внедрение высокого напряжения на кораблях и судах ВМФ РФ – инновационное направление. Создание комплексов специального вооружения требует разработки мощных и энергоемких источников электроэнергии импульсного действия. В последнее время в мире заметно активизировались усилия, направленные на решение научно-технических проблем, в том числе и фундаментального характера, в области мощной импульсной энергетики, что имеет большое практическое значение. ■

Рецензент: *В.В. Барановский, д-р техн. наук, проф. ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия»*

Одной из важнейших задач отечественного судостроения является уменьшение массогабаритных характеристик изделий при повышении их эффективности. Что касается теплообменных аппаратов, то уменьшение их массогабаритных характеристик при сохранении тепловой мощности можно обеспечить за счет интенсификации теплообмена. Чаще всего этого добиваются за счет турбулизации потока рабочих сред и увеличения эффективной площади поверхности теплообмена.

Существует два основных типа теплообменных аппаратов: пластинчатые и кожухотрубные. Пластинчатые теплообменники обладают высоким теплосъемом, но работают на низких давлениях, к тому же сложны в изготовлении. Кожухотрубные теплообменники работают с высокими давлениями, просты в изготовлении, но теплосъем не так высок.

Решая задачу уменьшения массогабаритных характеристик теплообменных аппаратов при сохранении тепловой мощности изделий, был разработан новый профиль плоской трубки с турбулизирующими каналами. Трубка представляет собой пластину сечением сложной формы.

Для теплообменных аппаратов с плоскими профилированными трубками характерна эффективность теплообмена пластинчатых теплообменников в сочетании с надежностью кожухотрубных.

В настоящее время известно несколько форм плоских профилированных трубок:

- прямые с лунками на наружной поверхности из двух частей;
- прямоугольные с решеткой в трубке.

Трубки с лунками спаяны из трех частей. Лунки на наружной поверхности расположены в шахматном порядке и эффективно турбулизируют поток. Технология изготовления таких трубок сложна. Требуется наладить специальное производство, пайка каждой трубки чрезвычайно трудоемка.

Прямоугольная трубка с решеткой внутри самая эффективная с точки зрения теплообмена из существующих ныне. Решетка внутри трубки тщательно перемешивает поток. Основными проблемами являются гидравлическое сопротивление профиля трубки при обтекании прямоугольного профиля, а также гидравлическое сопротивление решетки внутри трубки. Данная трубка подходит для использования в теплообменных аппаратах с невысокими расходами и давлениями рабочих сред.

Основная задача, которая была решена при создании новой плоской про-

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ В ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТАХ ПЛОСКИХ ПРОФИЛИРОВАННЫХ ТРУБ

*А.В. Шварева, инженер-конструктор 2-й категории ООО «Винета», контакт. тел. (812) 493 5048, +7 (981) 748 8879*

филированной трубки, – это упрощение технологии изготовления с сохранением эффективности теплообмена.

За прототип новой профилированной трубки приняты трубки с лунками. Лунки расположены на наружной поверхности трубки в шахматном порядке для турбулизации потока. В новой профилированной трубке дискретные лунки продлили для получения турбулизирующих непрерывных каналов на наружной поверхности трубки. На концах трубок оставили прямые участки для крепления трубок в трубных досках. В результате получилась пластина с сечением сложной формы. Сегменты трубки соединены между собой прямыми участками, представляющими собой пластинчатые промежуточки. Они работают как радиатор, увеличивая поверхность теплообмена, и обеспечивают турбулизацию рабочей жидкости в межтрубной полости.

Материал изготовления – мельхиор МНЖМц30-1-1.

В качестве опытного образца для определения теплотехнических параметров при использовании профилированных трубок был изготовлен масляный холодильник МХД-4, ранее изготавливаемый по ТУ5.423-9344-78.

Теплотехнические характеристики холодильника МХД-4 были рассчитаны в соответствии с режимами работы, описанными в [1]. В трубах охлаждаемой средой было турбинное масло, в межтрубной полости – забортная вода.

1. На основе исходных данных (геометрические характеристики, массовые расходы  $G_1, G_2$ , давление на входе  $P_1, P_2$  и входные температуры обеих теплообменивающих сред  $T_{1вх}; T_{2вх}$ ) предварительно задается выходная температура одной из сред (в данном случае температура охлаждаемой среды);

2. Определение балансного значения мощности теплообменника  $N_0 = [Gc_p(T_{вх} - T_{вых})]_1$ , выходной температуры второй из сред  $T_{2вых} = T_{2вх} + N/G_2c_p$ , средней температуры обеих сред  $T_{ср} = 0,5(T_{вх} + T_{вых})_1$  и среднего температурного напора  $\Delta T = (\Delta T_0 - \Delta T_m) / \ln(\Delta T_0/\Delta T_m)$ ;

3. Расчет значений коэффициентов теплоотдачи у наружной и внутренней поверхности теплопередающих труб, а также значения коэффициента теп-

лопередачи  $k$  между теплообменивающими средами;

4. Расчет значения мощности теплообменника из условия теплопередачи  $N_t = kH_{нар.тр} \Delta T$ .

### РАСЧЕТ ТРУБНОЙ ПОЛОСТИ

Вследствие сложности формы трубки течение в ней неравномерное, а разные скорости приводят к разным коэффициентам теплоотдачи для разных частей трубки. Для расчета течения жидкости внутри трубки каждая трубка условно делилась на два эллиптических канала и четыре круглых. Эллиптические каналы приближенно рассматривались как прямоугольные.

При распределении расхода среды между каналами применялось соотношение

$$\Delta P_i = ((\zeta_{вх} + \frac{\zeta_{тр} \cdot L}{d_r} + \zeta_{вых}) \cdot \frac{G^2}{2 \cdot F^2 \cdot \rho})_i = idem.$$

Для имевшего место ламинарного потока  $\zeta_{тр} = k_1/Re$ , где для цилиндрических труб  $k_1 = 64$ . В качестве таких труб были приняты каналы с внутренним диаметром 3,5 мм. Для крайних каналов в блоке труб, имеющих форму эллипса, для расчета значения  $k_1$  было применено соотношение для каналов прямоугольного сечения:

$$k_1 = \frac{8 \cdot d_{r2}}{\left(\frac{b_2}{2}\right)^2 \cdot \left(1 + \left(\frac{b_2}{b_1}\right)^2\right)}$$

где  $b_1$  и  $b_2$  – соответственно больший и меньший размеры сторон канала прямоугольного сечения;  $d_{r2}$  – гидравлический диаметр канала прямоугольного сечения.

Вместо учета общего числа трубок в МХД-4 считалось общее количество эллиптических и общее количество круглых каналов. Число Рейнольдса для эллиптических каналов равно 24,5 для круглых 27,4. Для каждого канала рассчитывали свой коэффициент теплоотдачи. Число Нуссельта определяется для ламинарного потока через критерий Пекле:

$$Pe = Re \cdot Pr.$$

При ламинарном течении поток при длине рабочей части трубки 320 мм не успевает стабилизироваться, поэтому в формуле числа Нуссельта учитывается длина трубки:

$$Nu = 1,61 \cdot \frac{Pe \cdot d}{L}.$$

Средний коэффициент теплоотдачи от стенки трубки считался с учетом периметров эллиптического (прямоугольного) и круглого каналов:

$$\alpha = \frac{\alpha_1 \cdot \Pi_1 + \alpha_2 \cdot \Pi_2}{\Pi_1 + \Pi_2}$$

### РАСЧЕТ МЕЖТРУБНОЙ ПОЛОСТИ

Поперечное обтекание трубного пучка рассматривалось как обтекание коридорного пучка мембранных труб. Пластинчатые каналы считались как ребра, учитывалась геометрия ребра и его коэффициент эффективности. Число Рейнольдса равно 911,5, число Нуссельта определяется для ламинарного обтекания коридорного пучка мембранных труб:

Затем с учетом коэффициента эффективности приведенный коэффициент теплоотдачи от жидкости в межтрубной полости к стенке трубки равен:

$$Nu = 14 \cdot C_s \cdot C_z \cdot Re^{0,7} \cdot Pr^{0,33}$$

$$\alpha = \alpha_1 \cdot \left( \frac{F_{\text{труб}} \cdot \varphi_{\text{труб}}}{F} + \frac{F_{\text{ребра}} \cdot E \cdot \varphi_{\text{ребра}}}{F} \right)$$

Затем определялся коэффициент теплопередачи холодильника и его тепловая мощность. Режимы работы холодильника масляного и основные результаты расчета приведены в таблице.

Таблица

Расчет МХД-4 с исходными рабочими средами и в соответствии со стендовыми режимами

| Наименование параметра  | Исходные рабочие среды | Стендовые режимы |
|---|------------------------|------------------|
| <i>Трубное пространство (охлаждаемая среда)</i>   |                        |                  |
| Давление, МПа   | 0,4                    | 0,2              |
| Расход, кг/с  | 1,45                   | 1,7              |
| Температура на входе, °С  | 70                     | 2,3              |
| Температура на выходе, °С   | 58,3                   | 22,1             |
| Балансная мощность, кВт   | 34                     | 133              |
| Коэффициент теплоотдачи от потока внутри труб к стенке труб, Вт/м <sup>2</sup> ·°С              | 212                    | 747              |
| <i>Межтрубное пространство (охлаждающая среда)</i>  |                        |                  |
| Давление, МПа   | 0,3                    | 0,2              |
| Расход, кг/с  | 8,33                   | 11,2             |
| Температура на входе, °С  | 23                     | 70,1             |
| Температура на выходе, °С   | 24                     | 67,1             |
| Коэффициент эффективности ребра   | 0,88                   | 0,75             |
| Приведенный коэффициент теплоотдачи от охлаждающей среды к стенке трубки, Вт/м <sup>2</sup> ·°С | 2689                   | 4553             |
| <i>Основные результаты</i>  |                        |                  |
| Температурный напор, °С   | 40,8                   | 56               |
| Коэффициент теплопередачи, Вт/м <sup>2</sup> ·°С  | 185                    | 526              |
| Площадь поверхности теплообмена, м <sup>2</sup>   | 4,54                   | 4,54             |
| Расчетная мощность, кВт   | 34,2                   | 134              |

С 23.04.2013 по 25.04.2013 г. холодильник МХД-4 подвергся стендовым испытаниям на комплексном стенде КС10606 ОАО «НПО ЦКТИ». Целью стендовых испытаний холодильника является проверка соответствия фактических теплотехнических и гидродинамических параметров холодильника его спецификационным данным, и верификация методики расчетов. Для облегчения проведения эксперимента обе рабочие среды были заменены на пресную воду. Холодильник МХД-4 был пересчитан в соответствии с режимами испытаний. В табл. 1 приведены также результаты расчета МХД-4 при замене рабочих сред на пресную воду и работе на экспериментальных режимах.

Всего было проведено 32 опыта. По их результатам считались действительные значения мощности:

$$N_{д.} = [Gc_p(T_{вх} - T_{вых})]$$

На рис. 1 в сравнении с расчетными результатами представлены действительные значения мощности.

Анализ данных показал:

– хорошее соответствие друг с другом действительных значений мощности, определенных по обеим средам ( $N_{д1}$ ,  $N_{д2}$ ). Отличие не превышает (-7,6%)-(+5%) при среднем его значении +0,2%;

– удовлетворительное соответствие друг с другом действительных и расчетных значений мощности МХД-4 ( $N_{д}$  и  $N_{р}$ ). Их отличие не превышает (-15%)-(+9%) при среднем его значении -2,8%.

Таким образом, на основании теплогидравлических испытаний показана хорошая корреляция действительных и расчетных значений тепловой мощности холодильника МХД-4. Результаты испытаний позволили верифицировать эту расчетную программу.

### ЛИТЕРАТУРА

1. ТУ5.423-9344-78 Холодильники масляные типа МХД. Технические условия.
2. ГОСТ 7.32-2001. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления.
3. *Беляев В.А., Шуклин Ю.А.* Проектирование кожухотрубчатых теплообменных аппаратов. – М., 2009.
4. *Кутепов А.М., Жихарев А.С.* Конструирование и расчет теплообменных аппаратов. – М., 1983.
5. РД 24.035.05-89. Тепловой и гидравлический расчет теплообменного оборудования АЭС. НПО ЦКТИ, Л., 1991.
6. *Петухов Б.С., Генин Л.Г., Ковалёв С.А.* Теплообмен в ядерных энергетических установках. – М., Энергоатомиздат, 1986.
7. *Кутателадзе С. С.* Теплопередача и гидродинамическое сопротивление: Справ. пособ. – М.: Энергоатомиздат, 1990. ■

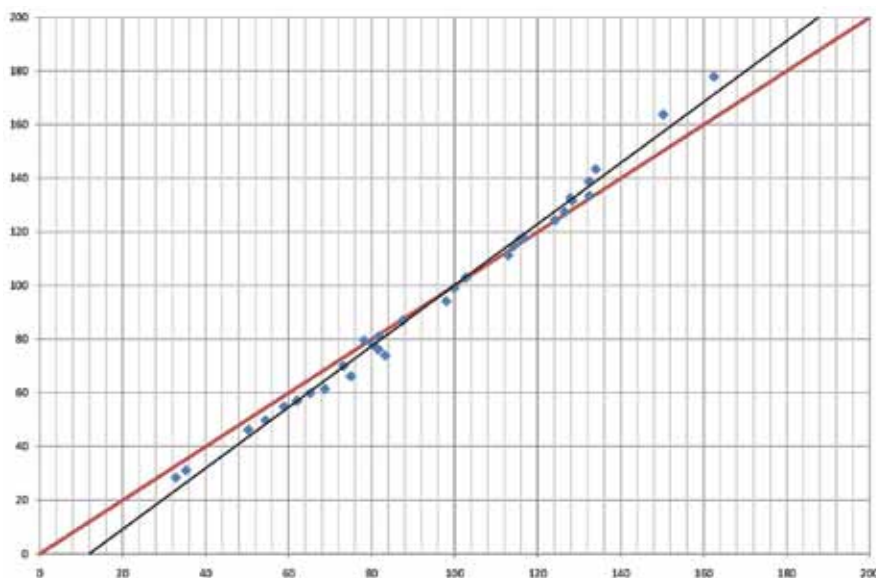


Рис. 1. Соответствие расчетных и действительных значений мощности

**Н**а протяжении последнего десятилетия продукция компании «Cathelco Ltd» становилась все более востребованной на российском рынке судостроения. Уже более 60 лет компания ведет разработку средств для борьбы с коррозией корпусов судов и морских сооружений. В настоящее время линейка ее изделий включает:

- системы активной катодной защиты от коррозии;
- системы защиты трубопроводов от биологического обрастания без применения ядохимикатов;
- водоопреснительные установки с использованием технологии обратного осмоса;
- системы очистки водяного балласта.

Оборудование фирмы рассчитано на широкий спектр применения: от трансокеанских судов и морских платформ до прогулочных яхт и портовых буксиров. В России системы «Cathelco» установлены на судах компаний «Росморпорт», «Совкомфлот», «Мурманский траловый флот», FESCO, «Газфлот», ФПС и др.

В России основным представителем «Cathelco» является ЗАО «МНС», специалисты которого не только продвигают оборудование на рынок судостроения, но и оказывают техническую и сервисную поддержку.

Конструкторы «Cathelco» постоянно работают над созданием новых образцов, совершенствованием своей продукции и расширением ее линейки. Так, в 2013 г. была испытана и сертифицирована система очистки балластных вод, использующей метод фильтрации в сочетании с ультрафиолетовыми бактерицидными лампами (УФ-лампы). Малые размеры элементов системы и модульный принцип построения позволяют применять ее на судах всех типов.

«Мы наблюдаем значительное увеличение объема поставок в Россию. Особенно это касается оборудования для морских газовых и нефтяных платформ, поскольку происходит наращивание мощностей топливно-энергетического комплекса. Проектируя и изготавливая оборудование для ледостойких морских платформ, предназначенных для установки в арктических морях и Каспийском море, наша компания получила опыт проектирования и изготовления изделий, способных надежно работать в суровых климатических условиях», – рассказывает Анна Сьодлак – региональный представитель в России компании «Cathelco».

За последние четыре года специалисты «Cathelco» в области защиты морских объектов от коррозии и био-

## «CATHELCO» - ПОСТАВЩИК СОВРЕМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ РОССИЙСКИХ СУДОВ

*К. Б. Каравашкин, зам. директора коммерческого департамента ЗАО «МНС»,  
контакт. тел. (812) 320 3840*

логического обрастания регулярно посещали Россию с целью расширения технического взаимодействия. При поддержке ЗАО «МНС» была организована чрезвычайно полезная встреча с учеными знаменитого Крыловского государственного научного центра, сотрудниками проектных организаций, представителями судостроительных предприятий.

### СИСТЕМЫ КАТОДНОЙ ЗАЩИТЫ С НАЛОЖЕННЫМ ТОКОМ (ИССР)

Наиболее важная особенность таких систем – возможность автоматически определять электрический потенциал на поверхности корпуса и, соответственно, с панели управления увеличивать или уменьшать выходной ток с анода. Таким образом объект приобретает постоянный, оптимальный уровень защиты.

Электрический потенциал отслеживается контрольными электродами, расположенными между анодами, где должен быть самый низкий потенциал. Данные передаются обратно на панель управления, которая автоматически подстраивает выходной ток с анода.

На больших установках, когда необходим ток 350 А и выше обычно используются тиристорные панели управления, которые обеспечивают автоматическое поступление к анодам стабилизированного постоянного тока низкого напряжения требуемого значения. На установках меньших мощностей «Cathelco» применяет модульные (контроллерные) панели управления, преимущества которых – малый вес и габариты.

В настоящее время в качестве активного слоя анодов используются оксиды металлов (ММО) для эффективного выделения тока и меньшего износа. Для различных профилей корпусов разработаны линейная петлевая, эллиптическая и круглая модели. Установка заподлицо позволяет сохранить обтекаемость корпуса при сохранении его веса, что является преимуществом по сравнению с традиционными «жертвенными анодами». Важно отметить, что существуют модификации системы, предназначенные для установки на суда, корпус которых выполнен из алюминиевых сплавов.

Системами «Cathelco» помимо морских судов был оборудован целый ряд

морских нефтедобывающих и газодобывающих платформ, в том числе и российских.

Одной из самых интересных и сложных задач, поставленных перед компанией российскими заказчиками, стала разработка систем защиты для морских платформ, предназначенных для работы в неблагоприятных ледовых условиях и при низких температурах.

«Cathelco» выиграла конкурс на поставку оборудования для платформы райзерного блока (RB1) и жилого модуля (PGM-1), которые были построены на верфи «Красная Баррикада» в Астрахани. За этим последовал еще один заказ на оборудование для ледостойкой платформы (IRFP-1), предназначенной для бурения морских скважин.

Подъемная платформа (RB-1) представляет собой уникальное восьмигранное сооружение, защищенное от коррозии специально разработанными ледостойкими анодами и контрольными электродами, соединенными с панелью управления. Жилой модуль (PGM-1) на понтонном основании будет иметь подобную же систему, также способную противостоять действию льда.

Сложные природные условия и требование обеспечить жизненный цикл изделия в 35 лет заставили разработчиков найти новые оригинальные технические решения. «Наиболее существенным обстоятельством было то, что аноды должны были противостоять действию льда, иметь возможность замены легководолазами и вписываться в конструкцию платформы», – объясняет главный специалист по системам защиты от коррозии компании «Cathelco» Аниель Мумтаж.

Все это заставило разработать высокопрочные коффердамы и специальные двойные угловые плоскости, отводящие лед от анодов. Чтобы добиться необходимой прочности, токопроводящие плоскости анодов были выполнены из смеси окислов металлов и имели толщину в два-три раза больше, чем обычные аноды. Также приходилось учитывать, что воды Каспийского моря имеют низкую соленость, а значит, высокое удельное электрическое сопротивление. Это потребовало повысить напряжение электри-



*Проект комплекса месторождения им. В. Филановского-1*

ческого тока в анодах, чтобы добиться требуемого уровня антикоррозионной защиты.

При работе системы защиты от коррозии с помощью контрольных электродов измеряются электрический потенциал «корпус/вода» и в панель управления посылается сигнал, который автоматически повышает или понижает выходной ток на анодах. Таким образом постоянно поддерживается оптимальный уровень антикоррозионной защиты.

#### **СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ОТ БИОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАСТАНИЯ ВОДЯНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ**

Закупорка трубопроводов охлаждающих систем, вызванная наростами биологических организмов и ракушками, наносит большой вред техническим средствам судов и платформ. Вследствие этого происходит уменьшение протока охлаждающей воды через трубопроводы, уменьшенный съем тепла, уменьшение ресурсных показателей технических средств и выход их из строя. Проблема очистки трубопроводов от биологического обрастания сложна и трудоёмка, во многих случаях требуется демонтаж трубопроводов, а иногда и замена отдельных участков. Исторически для предотвращения обрастания использовались различные хлорсодержащие химические реагенты, которые ухудшали экологию.

Система антиобрастания, разработанная «Cathelco» – экономичная и простая в установке. Как правило, система включает медные и алюминиевые аноды, которые монтируются в кингстонном ящике или в фильтрах. К анодам подается электрический ток от пульта управления. Медный анод вырабатывает ионы меди, которые препятствуют оседанию и размножению микроорганизмов, а впоследствии ракообразных и ракушек. В то же время гидроокись алюминия, вырабатываемая алюминиевым анодом, блокирует

высвобождающуюся из медных анодов медь. Эта гелеобразная медь проходит через систему и распределяется в медленно движущихся слоях, которые располагаются ближе к поверхности труб, где обычно закрепляются биологические осадки. В результате эти осадки не могут закрепиться и уходят в слив. В то же время на внутренней поверхности труб образуется медно-алюминиевая пленка, препятствующая коррозии. Сила электрического тока рассчитывается таким образом, чтобы концентрация ионов меди не превышала природных уровней. Благодаря этому система становится экологически безопасной, она не убивает морскую фауну, а только предотвращает осадения на трубопроводы.

Размер анодов определяют, исходя из объема и скорости потока воды и сроков их действия с учетом плановых докований. Если система устанавливается при постройке судна, аноды обычно крепятся в кингстонных ящиках при помощи специальных втулок или фланцев. Если же систему нужно смонтировать до постановки судна в сухой док, то аноды могут быть установлены в секциях фильтров, что облегчает их замену. В особых случаях, когда система должна заменить уже существующее оборудование с химическим принципом защиты от обрастания, аноды могут быть установлены в уже имеющиеся емкости. При этом не требуется дополнительная прокладка трубопроводов.

Преимущества систем «Cathelco»:

- электролитический принцип работы обеспечивает постоянную и надежную защиту без использования химикатов;
- система обеспечивает защиту как против обрастания, так и от коррозии;
- каждая система разрабатывается под индивидуального заказчика;
- работа систем полностью автоматизирована и требует минимального обслуживания;
- не наносит вреда окружающей среде.

Благодаря своей эффективности системы «Cathelco» получили широкое распространение во всем мире и за 50 лет были установлены на 40 тысячах различных судов. В прошлом году «Cathelco» выполнила поставку систем защиты трубопроводов от биологического обрастания для трех фрегатов, строящихся для ВМФ РФ на судостроительном заводе «Янтарь» в Калининграде. До этого эти же системы были использованы при строительстве аналогичных фрегатов для ВМФ Индии.

Киль первого российского фрегата «Адмирал Григорович» был заложен в 2010 г., а введение в состав флота остальных фрегатов планируется в 2014–2020 гг. Поскольку фрегаты оборудованы медно-никелевыми трубопроводами, в кингстонных коробках вместо алюминиевых анодов были установлены железные.

«Cathelco» недавно поставила также системы защиты от биологического обрастания для двух кораблей управления типа «Мистраль», строящихся на французской верфи DCNS для ВМФ РФ. Переходные кингстонные ящики для обслуживания главных двигателей, вспомогательных двигателей, пожарных насосов были оборудованы медными и алюминиевыми анодами, подсоединенными к панели управления. Подобные же устройства были установлены для защиты кингстонных ящиков систем обогрева, вентиляции и кондиционирования.

«Системы защиты от биологического обрастания компании «Cathelco» разработаны на самом высоком уровне, однако мы считаем необходимым совершенствовать их. В частности, это касается панелей управления, поскольку заказчики хотели бы видеть их более информативными и лучше сопрягаемыми с судовыми компьютерными сетями», – рассказывает Анна Сьодлак.

Учитывая сказанное, «Cathelco» намеревается в мае выпустить на ры-



**Трубопровод, заросший ракушками**

нок новую панель управления системой Quantum с сенсорным экраном. Это означает, что все функции легко контролируются, что облегчает работу экипажа. При помощи RS485 панель легко интегрируется в СУ ТС судна, это позволяет удаленно управлять функциями системы, например из ЦПУ или с ходового мостика.

### **ОПРЕСНИТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ**

В системах Seafresh используется принцип обратного осмоса, при котором вода под давлением проходит через полупроницаемую мембрану, задерживающую растворенные в воде вещества. Хотя этот способ опреснения используется уже с 70-х гг. XX в., компания «Cathelco» разработала ряд инновационных решений, повышающих производительность, надежность в применении этого метода. Система полностью автоматизирована и при работе требует минимального участия экипажа. Модульность конструкции позволяет минимизировать место для установки системы. Компанией разработано несколько типов систем, которые зависят в первую очередь от требуемой производительности. Существуют решения для больших судов и малых прогулочных яхт.

### **СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ ВОДЯНОГО БАЛЛАСТА (BWT)**

Перемещение по миру биологических микроорганизмов вместе с балластными водами – одна из самых серьезных проблем, с которой сталкивается современная морская индустрия.

Ратификация Конвенции об очистке балластных вод международной морской организации (ИМО) является лишь вопросом времени, и тогда более 60 000 судов придется оборудовать такими системами очистки.

После пяти лет всесторонних испытаний на суше и в море «Cathelco»

находится на пороге получения Сертификата одобрения типа ИМО на систему очистки балластных вод. «Наша система была создана таким образом, чтобы даже превысить требования ИМО. Поэтому для проверки качества очистки воды на стадии береговых испытаний мы воспользовались услугами Королевского института морских исследований в Нидерландах. Относительно мало компаний получили одобрения, касающиеся очистки как морской, так и пресной воды, и мы в числе первых, кто получил такое одобрение», – заявил Петер Смит, директор по продажам компании «Cathelco».

На втором этапе система очистки балластных вод была установлена на судне. Во время испытаний наблюдалось интенсивное цветение морской воды, вызванное массовым развитием фитопланктона, что усложняло работу системы. Судну приходилось работать и в штормовых условиях, когда значительно повышалось содержание в воде взвешенных частиц. В результате система была успешно прошла весь цикл испытаний и в полной мере продемонстрировала свою эффективность по всем параметрам.

Хотя работа BWT компании «Cathelco» основана на хорошо известных принципах фильтрации и использования ультрафиолетовых бактерицидных ламп (УФ-ламп), она отличается от разработок конкурентов многими важными инновациями.

Одной из главных целей «Cathelco» было создание интеллектуальной системы с высокой степенью контроля уровня УФ-излучения и обтекаемости ламп.

Центральный контроллер распознает условия, в которых работает система, и в соответствии с ними корректирует уровень УФ-излучения. Некоторые ранние модификации систем очистки балластных вод не обладали такими возможностями, лампы работали непрерывно, на максимальной мощности, потребляя много электроэнергии.

Для поддержания эффективности система автоматически адаптируется к различным составам морской воды. В отличие от других систем, в которых просто измеряется мутность (количество взвесей), «Cathelco» использует УФ излучатели, и по степени рассеивания и поглощения излучения определяется уровень замутнения. Это гораздо более надежный и дешевый способ измерений. Еще одна важная особенность этого метода – возмож-

ность ступенчатой регулировки мощности излучения.

Объем, требуемый для установки этого устройства, – один из самых малых по сравнению с другими системами, присутствующими на рынке. Каждое устройство имеет две камеры и две лампы и выполнено таким образом, чтобы поток морской воды по мере движения облучался бы дважды. К тому же инженеры «Cathelco» создали такую систему трубопроводов, которая обеспечивает движение воды по спирали при максимальной площади облучения ее УФ-лампами. Кроме того, используется уникальный метод очистки с помощью шариков из вспененного материала, что полностью исключает использование химических веществ. В начальном цикле очистки, когда УФ-камеры изолированы от остальной системы клапанами, включается специальный насос, подающий шарики из резервуара в реакторную линию. Эти шарики притягивают к себе мельчайшие твердые частицы, остающиеся в камере очистки.

«Все эти новшества дают нам неоспоримое преимущество на рынке систем очистки балластных вод, – отмечает Питер Смит. – Мы тщательно изучаем потребности судовладельцев и пользуемся репутацией надежного поставщика высококлассного оборудования и услуг».

Система BWT компании «Cathelco» может устанавливаться на судах, где объем очищаемых балластных вод составляет от 50 до 1200 м<sup>3</sup>/ч.

В тесном сотрудничестве с ЗАО «МНС» «Cathelco» приобрела чрезвычайно полезный опыт работы на российском рынке, в том числе по разработке и изготовлению систем для судов и морских платформ, работающих в сложных ледовых условиях.

Российские верфи инвестируют значительные средства в приобретение современного судового оборудования, сознавая, что это единственный путь получения заказов не только от отечественных, но и от зарубежных заказчиков. И здесь «Cathelco» становится незаменимым поставщиком оборудования и услуг, поскольку имеет широко разветвленную сеть сервисных пунктов, что позволяет оказывать клиентам своевременную и профессиональную поддержку.

В ближайшем будущем «Cathelco» рассчитывает получить новые заказы на оснащение своими системами судов, строящихся на российских верфях. ■

**Н**значение и состав интегрированных систем управления техническими средствами. Интегрированные системы управления [1] техническими средствами (ИСУ ТС) на сегодняшний день входят в состав практически любого современного корабля и предназначены не только для управления его техническими средствами, но и для контроля, хранения и документирования полученной информации, обмена информацией с интегрированной мостиковой системой, системой пожарной сигнализации и другими корабельными системами. Особенности ИСУ ТС является единое информационное пространство для всех подсистем, входящих в ИСУ, возможность с любого автоматизированного рабочего места иметь доступ к контролю и управлению любыми корабельными системами, устройствами и установками. В состав ИСУ ТС корабля входят системы: управления главной энергетической установкой (ГЭУ), управления электроэнергетической системой (ЭЭС) и вспомогательной энергетической установкой (ВЭУ), управления общекорабельными системами (ОКС), системами обобщенной аварийно-предупредительной сигнализации (ОАПС) с системой светозвуковых колонок (СЗК), системы информационной поддержки, а также технического обслуживания и ремонта. Назначение системы информационной поддержки зависит от назначения корабля. Так, на военном корабле это будут системы информационной поддержки борьбы за живучесть, а, например, на крановом судне – системы информационной поддержки кранмейстера. Системы управления ГЭУ, ЭЭС и ОКС часто объединяют под названием «комплексная система управления ТС» (КСУ ТС) корабля.

К ИСУ ТС предъявляется ряд требований, к которым относятся: соответствие требованиям «Российского морского регистра судостроения» и требованиям ГОСТ'ов; автоматизация процессов контроля и управления техническими средствами корабля в соответствии со знаком автоматизации в символе класса; устойчивость к единичному отказу; дублирование цифровых каналов связи между различными устройствами и оборудованием ИСУ ТС, имеющими контроллеры и компьютеры; непрерывный контроль состояния ТС и обстановки в отсеках и помещениях корабля; хранение и документирование процессов и сигналов судовых систем, устройств и установок, включая формирование электронных вахтенных журналов; обеспечение функций технического

## ИНТЕГРИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМИ СРЕДСТВАМИ КОРАБЛЯ

*В. М. Амбросовский, канд. техн. наук, доцент, зам. гл. конструктора,  
Ю. В. Баглюк, канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник, технический директор,  
А. С. Слипченко, начальник отдела,  
С. П. Хабаров, канд. техн. наук, доцент, вед. специалист,  
ЗАО «Транзас»,  
контакт. тел. (812) 325 3131*

обслуживания и ремонта, например, в части учета моторесурса основного оборудования корабля и выработка информационных сообщений машинному персоналу о необходимости выполнения регламентных работ; применение современных диалоговых средств взаимодействия операторов с системой и техническими средствами, включая непереносимое наличие ночной и дневной палитры мониторов автоматизированных рабочих мест (АРМ) в ходовой рубке корабля.

Типовая ИСУ ТС содержит следующие устройства: операторские станции (ОпСт); приборы или устройства вычислительные (УВ); приборы или устройства ввода-вывода и обработки сигналов (УВВиОС) или более простые устройства (приборы) ввода-вывода (УВВ); устройства питания, включая источники бесперебойного питания; распределительные щиты; аварийно-предупредительную сигнализацию.

Рассмотрим возможные структуры ИСУ ТС корабля и их особенности.

**Структуры интегрированных систем управления техническими средствами.** Современные корабли с их техническими средствами представляют собой достаточно сложные информационные объекты с точки зрения контроля и управления. Количество сигналов контроля и управления даже небольших кораблей может достигать нескольких тысяч. ИСУ ТС корабля взаимодействует с техническими средствами судна, выделенными в подсистемы и локальные системы. При этом взаимодействие происходит посредством аналоговых, дискретных и цифровых устройств с помощью цифровых шин обмена данными. Информационная структура ИСУ ТС достаточно сильно зависит от архитектуры, т.е. от способов обмена информацией между устройствами этой системы, и от топологии системы.

В зависимости от архитектуры принято разделять ИСУ ТС в части ввода-вывода данных на централизованные (сосредоточенные) и децентрализованные (распределенные) системы [2]. В централизованных системах

ввода-вывода данных вся информация собирается в центральном приборе управления, обычно это вычислительное устройство, которое устанавливается в центральном посту управления (ЦПУ) или посту энергетике и живучести. В ИСУ ТС, *распределенных* в части ввода-вывода данных, сигналы ввода-вывода формируются в УВВ, которые находятся в помещениях судна в непосредственной близости от датчиков и исполнительных механизмов. ИСУ ТС, централизованные в части ввода-вывода данных, проще в обслуживании, но требуют большей длины кабелей. ИСУ ТС, распределенные в части ввода-вывода данных, несколько сложнее в обслуживании, но позволяют сократить длину кабелей связи с датчиками и исполнительными механизмами.

Аналогично в части обработки информации ИСУ ТС могут быть централизованными и распределенными. В централизованных системах обработки информации имеется одно или два УВ. Если устройство одно, то оно, как правило, содержит дублированные контроллеры или компьютеры. УВ получает данные от датчиков, обрабатывает их, выдает управляющие воздействия на исполнительные механизмы, формирует сигналы аварийно-предупредительной сигнализации (АПС), а также обеспечивает обмен информацией с дисплеем контроля и управления или с операторской станцией.

В децентрализованной системе обработки информации вместо одного или двух УВ обработку информации и формирование управляющих сигналов и сигналов АПС обеспечивают локальные контроллеры, установленные в приборах или устройствах ввода-вывода и обработки информации. Координация работы локальных контроллеров обеспечивается посредством каналов связи. Децентрализованная система более устойчива к отказам. Наличие двух контроллеров в УВВиОС, один из которых находится в резерве, также способствует повышению надежности интегрированной системы



управления [3]. В таких системах полный отказ одного УВВиОС приводит к отказу контроля и управления только тех устройств, которые контролировались и управляло именно оно.

На рис. 1 показана ИУС ТС, централизованная по обработке данных и распределенная по их вводу-выводу, а на 2 – распределенная по обработке и по вводу-выводу данных.

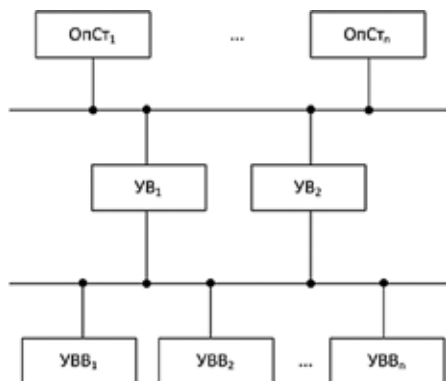


Рис. 1. ИУС ТС, централизованная по обработке данных и распределенная по вводу-выводу данных

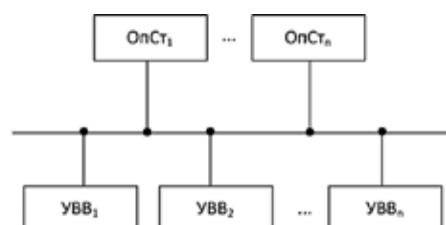


Рис. 2. ИУС ТС, распределенная по обработке и по вводу-выводу данных

Современные ИУС ТС, как правило, имеют распределенную (децентрализованную) архитектуру как минимум в части ввода-вывода данных, а нередко и в части обработки информации.

Под топологией ИУС ТС понимается взаимное расположение на корабле или судне технических средств ИУС и операторских станций, находящихся в ходовой (рулевой) рубке и/или ЦПУ.

ИУС ТС по топологии могут быть разделены на ИУС ТС с топологиями «общая шина», «звезда», «кольцо» или «смешанная».

Основу структуры любой ИУС ТС составляют каналы обмена информацией, входящие в сети передачи данных с коммуникационными узлами. Коммуникационными узлами являются контроллеры, установленные в устройствах ИУС ТС, которые могут находиться в различных помещениях корабля, и операторские станции, устанавливаемые в автоматизированных рабочих местах в ходовой рубке и ЦПУ судна (посту энергетики и живучести корабля). К наиболее распространенным интерфейсам, ис-



Рис. 3. Структура ИСУ ТС кранового судна пр. 02690

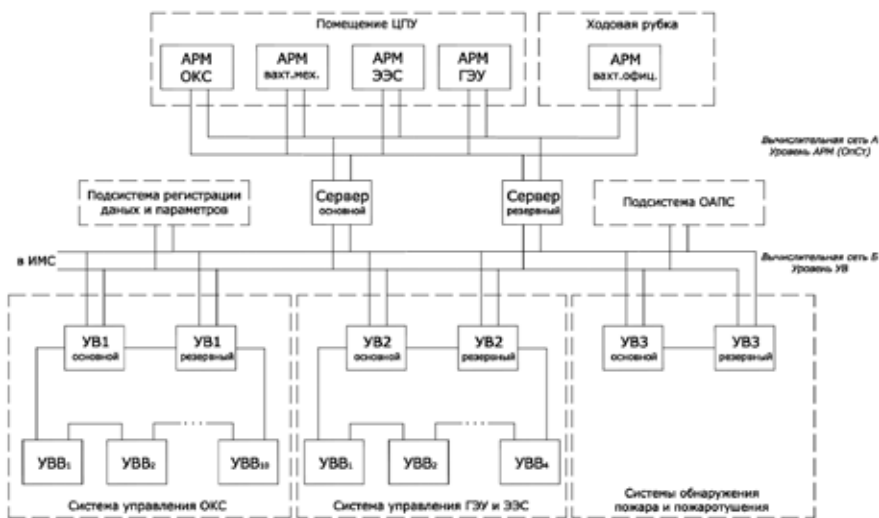


Рис. 4. Структура ИСУ ТС корабля пр. 22100

пользуемым на корабле для обмена информацией между контроллерами, относятся интерфейсы RS422/RS485 с протоколами обмена данными Modbus RTU, интерфейс Ethernet с протоколом Modbus UDP и интерфейс

CAN с протоколом NMEA2000 или CANOpen.

**Интегрированные системы управления техническими средствами ЗАО «Транзас».** В ИСУ ТС, разработанных в ЗАО «Транзас», реализованы обе вы-

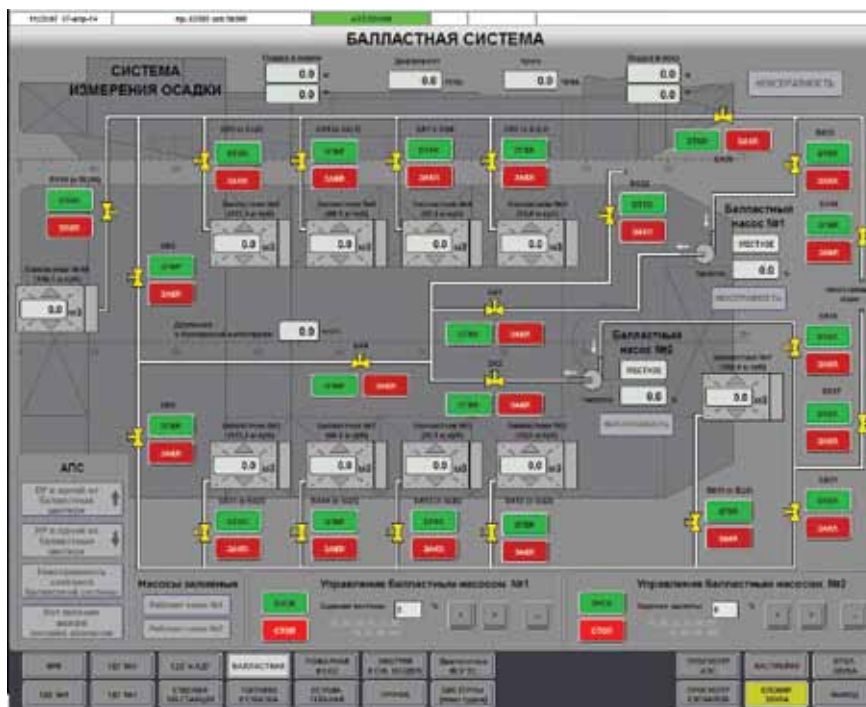


Рис. 5. Видеокادر балластной системы кранового судна

шеприведенные структуры ИСУ ТС, использование которых зависит от назначения корабля и количества сигналов контроля и управления.

На рис. 3. показана структура ИСУ ТС, распределенной по обработке и по вводу-выводу данных, предназначенная для контроля и управления техническими средствами кранового судна пр.02690. В состав этой ИСУ ТС входит уникальная система информационной поддержки кранмейстера и крановщика грузового крана.

На рис. 4 показана структура ИСУ ТС, централизованной по обработке и распределенная по вводу-выводу данных, предназначенная для контроля и управления техническими средствами корабля пр. 22100. В состав этой ИСУ ТС входит система информационной поддержки борьбы за живучесть.

ИСУ ТС разработки ЗАО «Транзас» традиционно имеют удобный пользовательский интерфейс, обеспечивающий оператора всей необходимой информацией для контроля и управления техническими средствами корабля. Кроме того, в ИСУ ТС ЗАО «Транзас» предусмотрена возможность смены палитры видеокладов, что позволяет оператору одинаково удобно работать в яркий солнечный день, в сумерках и в ночное время. Компоненты изображений на видеокладах имеют 2D или 3D вид. На рис. 5–7 показаны примеры видеокладов вышечерисленных ИСУ.

Особенностями ИСУ ТС корабля разработки ЗАО «Транзас» являются: обеспечение контроля и управления основными корабельными системами, устройствами и установками (ГЭУ, ЭЭС, ОКС); устойчивость к единичному отказу, что обеспечивается дублированной шиной данных и наличием дублированных контроллеров в устройствах ввода-вывода; обеспечение ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов, включая термосопротивления и термопары; обеспечение ввода-вывода цифровых сигналов по интерфейсам RS-422/485 и CAN по различным информационным протоколам; наличие источника бесперебойного питания, позволяющего ИСУ ТС длительное время автономно работать; использование интеллектуальных светозвуковых колонок и системы контроля дееспособности машинного персонала, подключаемых ИСУ ТС по дублированной цифровой шине; наличие встроенной системы обобщенной аварийно-предупредительной

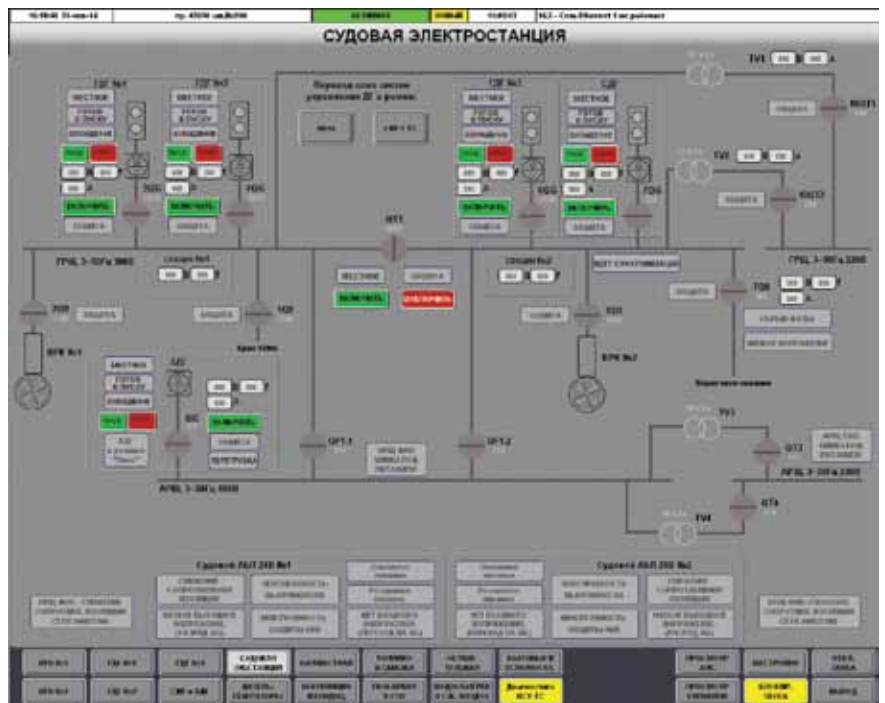


Рис. 6. Видеоклад электростанции кранового судна

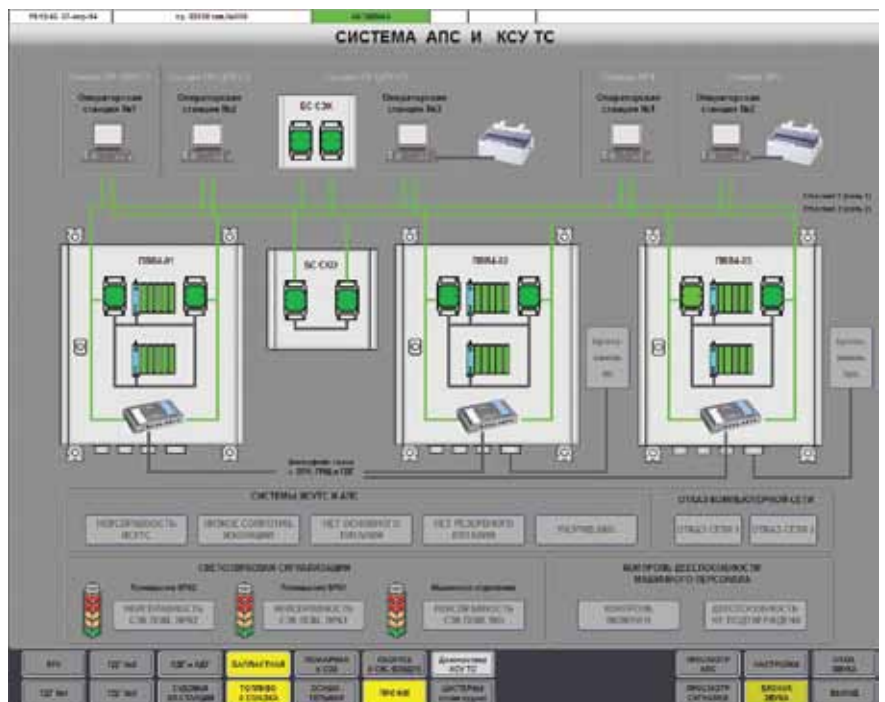


Рис. 7. Видеоклад самодиагностики ИСУ ТС кранового судна

сигнализации, включающей панели и блоки, устанавливаемые в каютах и помещениях судна.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Амбросовский В.М., Белый О.В., Скоороходов Д.А., Турусов С.Н. Интегрированные системы управления техническими средствами транспорта. – СПб.: Элмор, 2001. – 288 с.
2. Амбросовский В.М. Информацион-

но-управляющие системы технических средств корабля. Учеб. пособие. – СПб.: Из-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2013. – 80 с.

3. Амбросовский В. М., Слитченко А.С. Анализ структур приборов ввода-вывода систем управления техническими средствами судна // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ»: Сер. «Автоматизация и управление». – 2006. – Вып. 1. – С. 15–18. ■

**Б**олее 55 лет ОАО «Научно-производственная фирма «Меридиан» ведет разработку систем совместного безопасного применения оружия (далее – ССПО) надводных кораблей. За этот период коллектив разработчиков ССПО прошел долгий путь от становления самой идеи о необходимости установки на кораблях систем подобного рода до ее реализации. А тот факт, что ССПО типа «Блокировка» были установлены практически на всех кораблях постсоветского периода и в настоящее время устанавливаются на современные корабли ВМФ России и ВМС других государств, говорит о многом.

Данная статья не претендует на изложение в хронологической последовательности абсолютно всех этапов работы предприятия в направлении проектирования и разработки систем типа «Блокировка». Скорее, это попытка донести до массового читателя, что же такое ССПО типа «Блокировка», как и где зародилась идея ее возникновения, для чего она нужна и почему практически ни один из современных надводных кораблей не может обойтись без нее.

Системами совместного безопасного применения оружия типа «Блокировка» ОАО «Научно-производственная фирма «Меридиан» занимается с 1958 г. Идея этих систем родилась в стенах ЦКБ-54 благодаря усилиям группы сотрудников во главе с Е. Л. Иоффе, И. Я. Карлсбруном и А. Т. Голубевым.

Система «Блокировка» – составная часть корабля, предназначенная для выработки управляющих сигналов, воздействующих на исполнительные цепи комплексов вооружения с целью обеспечения безопасности корабля при совместном их применении. При поступлении соответствующих сигналов от исправных установок, их систем управления в процессе заряжания, наведения и стрельбы различных комплексов вооружения система «Блокировка» вырабатывает и выдает в соответствующие комплексы сигналы, предотвращающие:

- повреждение артиллерийских установок;
- поражение ракет на пусковых установках;
- поражение стартовавших ракет и выпущенных снарядов;
- поражение вертолета в воздухе вблизи корабля или на взлетно-посадочной площадке, а также личного состава, находящегося на взлетно-посадочной площадке (ВПШЛ).

ССПО типа «Блокировка» представляет собой автоматическое устройство, решающее задачи, связанные с безопасностью корабля при совместном использовании его оружия, на основе информации, полученной от сопрягаемых комплексов вооружения. Все задачи, которые

## СИСТЕМА СОВМЕСТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ОРУЖИЯ НАДВОДНЫХ КОРАБЛЕЙ: ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА

*А. М. Тихоненко, канд. техн. наук, гл. инженер,  
А. В. Лагут, инженер 1-й категории, ОАО «НПФ «Меридиан»,  
контакт. тел. (812) 602 0352*

решает система, условно можно разделить на три основные группы: палубные, воздушные и приоритетные.

*Палубные задачи* связаны с палубными ограничениями, обусловленными размещением комплексов вооружения, надстроек и различных устройств на палубе корабля.

*Воздушные задачи* объединяют задачи, учитывающие пересечение плоскостей стрельбы используемого оружия и нахождения вертолета в воздухе.

*Приоритетные задачи* обеспечивают приоритетное использование выбранного вида оружия (ударное ракетное оружие, противовоздушная оборона, противолодочная оборона).

Рассмотрим теперь принцип работы ССПО типа «Блокировка». Сигналы с приборов-датчиков, характеризующие текущее угловое положение вращающихся пусковых и артиллерийской установок, поступают в систему для формирования сигналов о нахождении установок в опасных секторах и сигналов пересечения плоскостей стрельбы. Сигналы, характеризующие боевое использование или состояние сопрягаемых комплексов вооружения, также поступают в систему, где они нормируются, т.е. приводятся к необходимому потенциальному уровню и вместе с сигналами об угловых положениях установок логически обрабатываются, после чего система «Блокировка» при наличии сигналов, характеризующих опасную ситуацию, вырабатывает управляющие (блокирующие) сигналы, воздействующие на исполнительные цепи комплексов вооружения, размыкая тем самым цепь стрельбы (электрическую) соответствующей установки, исключая ее боевое использование. А при отсутствии опасной ситуации ССПО выдает сигнал, разрешающий работу соответствующему комплексу.

Система «Блокировка» имеет постоянно действующий контроль исправности субблоков, приборов-датчиков, вторичных источников питания и предохранителей в цепях питания, а также обеспечивает документирование процесса работы с учетом информации о состоянии комплексов вооружения и текущего корабельного времени.

Первые образцы ССПО были разработаны применительно к ракетным крейсерам пр. 58 (рис. 1) и большим противолодочным кораблям пр. 61 (рис. 2).



*Рис. 1. Ракетный крейсер «Грозный» пр. 58*



*Рис. 2. Большой противолодочный корабль «Сметливый» пр. 61*

Именно эти два проекта кораблей и стали отправной точкой развития ССПО. В дальнейшем практически все корабли стали оснащаться системами типа «Блокировка». Благодаря плодотворной работе коллектива разработчиков ССПО ОАО «НПФ «Меридиан» были созданы четыре поколения таких систем. Каждое следующее поколение отличалось большей надежностью, конструктивными, техническими и технологическими улучшениями, а также меньшими массогабаритными характеристиками.

В системах первого поколения в качестве элементной базы использовались в основном реле, полупроводники, приборы-датчики с механическими кулачками, фоторегистрирующая аппаратура типа РФК-5 (рис. 3) для обеспечения документирования процесса работы системы.



*Рис. 3. Регистрирующая фотокамера РФК-5*

К первому поколению ССПО относятся следующие системы: «Блокиров-

ка-58» и ее модификации, «Блокировка-61» и ее модификации, «Салют», «Салют-А», «Сектор», «Створ», «Стопор», «Сегмент», «Сход», «Блокировка-16».

Второе поколение ССПО составили системы «Сатурн», «Сокол», «Синтез», «Стриж», «Совет», «Блокировка-15», «Блокировка-25», «Свирь-2», «Сплав», «Сбор», «Сегмент-ТР», «Секанс», «Сток», «Строб», «Свод», «Свет» и др. Применение в системах данного поколения микросхем, унифицированных модулей, вращающихся трансформаторов в приборах-датчиках и малогабаритных реле позволило значительно снизить количество приборов и их массогабаритные характеристики, а также унифицировать связи с сопрягаемыми системами.

Представителями третьего поколения ССПО являются системы «Блокировка-11356», «Блокировка-956», «Блокировка-17», «Сокол-Э», «Блокировка-3.9», «Блокировка-20380», «Блокировка-350», «Блокировка-21631». В их состав впервые вошел прибор документирования информации, не использующий фоторегистрирующую аппаратуру для документирования процесса работы системы, что позволило не только отказаться от применения морально устаревшей регистрирующей фотокамеры РФК-5, но и реализовать на базе данного прибора такие важные функции, как сохранение информации о пусках и опасных ситуациях (событиях) на съемный носитель, а также вывод ее на печатающее устройство (по требованию заказчика) для последующего анализа. Структура ССПО третьего поколения представлена на рис. 4 и включает в себя:

- решающий прибор 1Бл, получающий информацию об угловом положении установок сопрягаемых комплексов от приборов-датчиков и на основе этой информации вырабатывает сигналы о нахождении установки в секторе и пересечении плоскостей стрельбы;
- нормирующий прибор 6Бл, который, используя информационные сигналы, получаемые от прибора 1Бл и сигналы о состоянии сопрягаемых систем, формирует управляющие сигналы, разрывающие цепи стрельбы при возникновении опасных ситуаций;
- прибор питания 7Бл, обеспечивающий питание приборов системы;
- прибор документирования 40Бл, документирующий сигналы о состоянии сопрягаемых систем и сигналы, формируемые приборами 1Бл и 6Бл;
- информационно-управляющие приборы, предназначенные для отображения информации о состоянии цепей стрельбы сопрягаемых комплексов, о флагштока и гюйсштока, о работах, производящихся на ВППл, и др.;

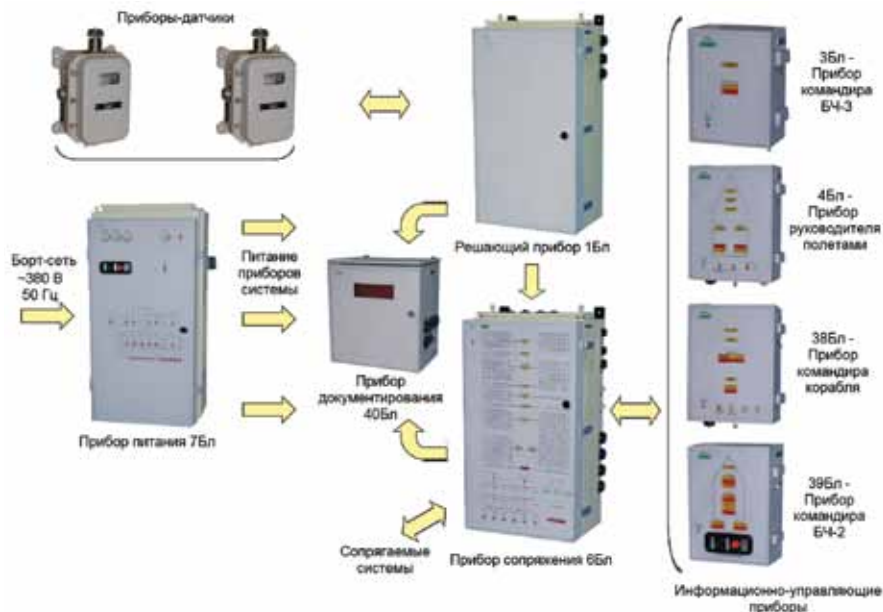


Рис. 4. Структурная схема ССПО третьего поколения

- приборы-датчики – передают информацию об угловом положении установок сопрягаемых комплексов;
- соединительные ящики, служащие для коммутации сигналов.

В настоящее время на предприятии разрабатываются ССПО четвертого поколения. Они будут реализованы на современной элементной базе с применением микропроцессорной техники и цифровыми каналами передачи данных. ССПО четвертого поколения планируется устанавливать на всех новейших кораблях, строящихся в рамках гособоронзаказа. Такие системы будут обеспечивать непревзойденный уровень безопасности корабля при совместном использовании спецсредств. ССПО нового поколения будут:

- решать задачи безопасности в плоскостях вертикального и горизонтального наведения с учетом заданного допустимого расстояния от корабля, что позволяет увеличить зоны возможной работы при совместном использовании комплексов корабля;
- увеличивать разрешенные зоны взлета-посадки летательных аппаратов;
- использовать цифровые каналы обмена информацией для получения данных об угловом положении от систем управления и системы взлета-посадки и обработку данной информации с повышением точности решения задач;
- применять современные стандартные интерфейсы (RS, MIL-STD, CAN и др.), что даст возможность взаимодействовать с любыми вновь устанавливаемыми и модернизированными комплексами как российского, так и иностранного производства;
- использовать современные унифицированные конструктивы и элемент-

- ную базу, что позволит уменьшить массогабаритные характеристики системы;
- иметь повышенную ремонтопригодность за счет уменьшения номенклатуры и количества составных частей;
- иметь возможность модернизации под любые вновь возникающие задачи.

По сравнению с третьим поколением была пересмотрена и существенно переработана структура ССПО нового поколения. А появление комплекса унифицированных приборов, образующих структуру, инвариантную к проекту корабля – это попытка избавиться от всех недостатков систем прошлого поколения, связанных со сложностью их модернизации из-за жесткой привязки таких систем к определенному проекту кораблей и их вооружению.

Структура ССПО четвертого поколения (рис. 5) и включает в себя:

- прибор 1Бл – объединяет свойства приборов 1Бл, 6Бл и 40Бл прошлого поколения, что позволяет размещать решающую часть, часть отображения и документирования в рамках одного прибора;
- прибор 6Бл – представляет собой прибор сопряжения, обеспечивающий обмен информационными и управляющими сигналами между прибором 1Бл, приборами-датчиками и сопрягаемыми комплексами;
- прибор питания 7Бл обеспечивает питание приборов системы;
- информационно-управляющие приборы – предназначены для отображения информации о состоянии цепей стрельбы сопрягаемых комплексов, о состоянии флагштока и гюйсштока, о работах, производящихся на ВППл, и др.;

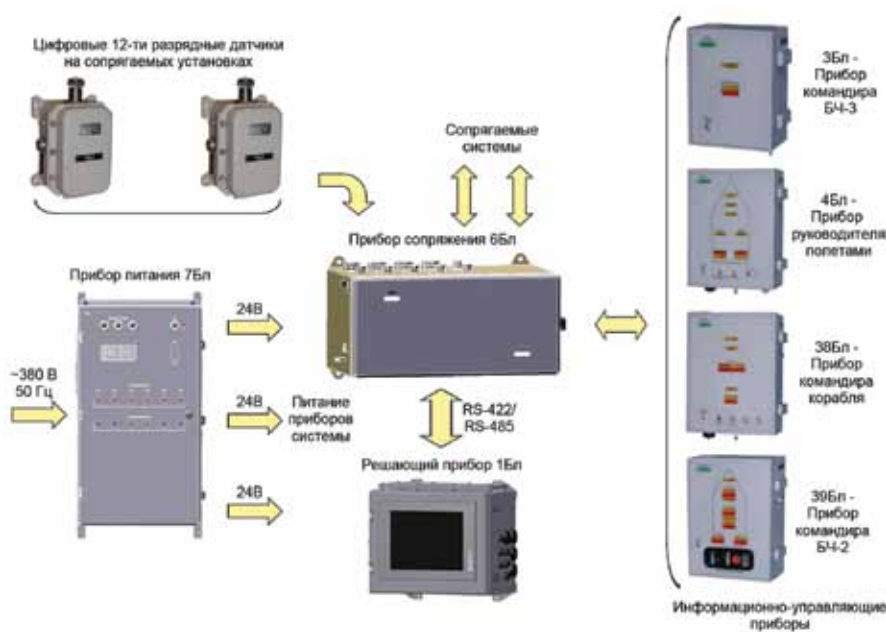


Рис. 5. Структурная схема ССПО четвертого поколения

- приборы-датчики – цифровые 12-разрядные датчики с передачей информации об угловом положении установок по последовательному каналу передачи данных RS-422;
- соединительные ящики – служат для коммутации сигналов.

В заключение хочется сказать, что обеспечение безопасности надводных кораблей при совместном использовании спецсредств, установленных на них, а также безопасности личного состава – важная задача как в мирное, так и в военное время. И не секрет, что разработка, изготовление и поставка систем типа «Блокировка» является одним из приоритетных направлений работы ОАО «Научно-производственной фирмы «Меридиан». Хотелось отметить, что с 1963 по 2013 г. для ВМФ нашей страны и ВМС других государств было поставлено более 140 ССПО типа «Блокировка». ■

К сожалению, в настоящее время методами и средствами классической гидроакустики [7] не удается полностью решить задачи по дальнейшему обнаружению, классификации и определению пространственных координат подводных диверсионных сил и средств (ПДСС), а также средств их доставки (подводных лодок) в неоднородных (содержащих различные фазовые включения) водных средах.

Одно из перспективных направлений совершенствования гидроакустического средства специального назначения (ГАССН) может быть связано с использованием в его составе параметрической приемной антенны локационного типа (ППАЛТ) типа [1–6].

Современное представление о природе физических явлений в ППАЛТ сводится к двум моделям взаимодействия акустических волн [5,6]. В своей модели Цензор объясняет механизм образования волн комбинационных частот за счет граничных эффектов, возникающих при отражении накачки от колеблющихся с низкой частотой неоднородностей, расположенных в поле низких частот (НЧ) волны, а выражение для амплитуды волн комбинационных частот имеет вид

$$P_{\pm} = \frac{P_n P_c}{2\rho_0 c_0^3} (\omega_n \pm \Omega) x, \quad (1)$$

где  $P_n, P_c$  – амплитуда звукового давления накачки и сигнала;  $\omega_n, \Omega$  – частоты волн накачки и сигнала;  $\rho_0, c_0$  – плотность и скорость звука в однородной среде соответственно;  $x$  – протяжен-

## К ВОПРОСУ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РАБОТЫ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ПРИЕМНЫХ АНТЕН ЛОКАЦИОННОГО ТИПА

**С. А. Бахарев**, д-р техн. наук, проф., ст. науч. сотрудник,  
**Л. М. Клячко**, д-р техн. наук, проф., ген. директор,  
**В. К. Смирнов**, инженер,  
**А. В. Торгунаков**, вед. сотрудник, ОАО «ЦНИИ «Курс»,  
 контакт. тел. +7 (916) 244 2839, 8 (495) 334 9220

ность области взаимодействия акустических волн.

Проведенный в [1] анализ порядка величины амплитуды комбинационных составляющих для данной модели показал, что результат (1) имеет тот же порядок, что и разность между координатами Эйлера и Лагранжа. Кроме того, данная модель не учитывает взаимодействие рассеянной высокочастотной (ВЧ) накачки с волной низкочастотного (НЧ) полезного сигнала при их коллинеарном распространении к приемному элементу и поэтому не может претендовать на адекватность.

Названные эффекты учитывает модель Пикьюта, основанная на решении нелинейного волнового уравнения второго порядка. Автором получено следующее выражение для амплитуды волн комбинационных частот [5,6]:

$$P_{\pm} = \frac{\varepsilon P_n P_c (\omega_n \pm \Omega) x}{4\rho_0 c_0^3}, \quad (2)$$

где  $P_n, P_c$  – амплитуды звукового давления волн ВЧ накачки и НЧ сигнала;  $\omega_n, \Omega$  – их соответствующие частоты;  $\varepsilon$  – параметр нелинейности;  $\rho_0, c_0$  – плотность и скорость звука в однородной среде;  $x$  – расстояние от приемного элемента антенны до точки рассеивания.

Анализ выражения (2) показывает, что амплитуда волн комбинационных частот возрастает по мере их распространения к ППАЛТ. Из теории нелинейной гидроакустики известно, что при взаимодействии акустических волн ВЧ накачки и НЧ сигнала амплитуда ВЧ модуляционных компонент меньше уровня накачки на 140 ...170 дБ. В то же время известно [5–7], что для обнаружения ВЧ боковых полос необходимо, чтобы уровень отраженной волны накачки составлял величину  $P_n = 10^4 \dots 10^6$  Па, что невозможно реализовать на практике.

Таким образом, проведенный выше анализ показывает, что существующие

модели обратного нелинейного рассеяния звука, исходя из известных методов классической нелинейной гидроакустики, не всегда можно применять для описания ППАЛТ.

Однако практика показывает [1–3], что подобные антенны работоспособны, и поэтому можно предположить, что в основе их функционирования лежат неизвестные до сих пор физические механизмы.

Не вдаваясь глубоко в физико-математическую модель функционирования ППАЛТ, рассмотрим один из способов ее совершенствования, который связан с использованием НЧ (единицы кГц), электромагнитной волны накачки вместо традиционной [5–7] ВЧ (десятки кГц) акустической волны накачки. При этом сразу же отметим следующее.

Для ППАЛТ, как и для других типов параметрических приемников [5–7], в отличие от линейных антенн существует специфический вид мешающего воздействия, обусловленного влиянием интенсивного ВЧ сигнала накачки на приемный тракт. Дело в том, что индекс фазовой модуляции в ППАЛТ составляет величину  $10^{-7} \dots 3 \times 10^{-9}$ , или, другими словами, отношение «боковая компонента/накачка» находится в пределах  $-140 \dots -170$  дБ. Поэтому, для того чтобы выделить НЧ полезный сигнал из ВЧ комбинационных частот, приходится излучать накачку большой интенсивности. Например, в современных параметрических приемниках уровень звукового давления сигнала накачки находится в пределах  $170 \dots 230$  дБ относительно порогового уровня  $2 \times 10^{-5}$  Па [5–7]. Трудность обработки сигналов комбинационных частот заключается в том, что динамический диапазон лучших образцов отечественной аппаратуры не превышает  $120 \dots 130$  дБ. Следовательно, если не принять соответствующих мер по подавлению несущей частоты, то возможна перегрузка приемного тракта и, как следствие этого, возникновение «паразитных» нелинейных эффектов.

На рис. 1 показана структурная схема разработанной ППАЛТ, в состав которой входит канал ее градуировки.

Как видно из рис. 1, в состав ППАЛТ входят: 1 – генератор ВЧ сигнала накачки  $\omega_n$ ; 2 – усилитель мощности ВЧ сигнала накачки; 3 – согласующее устройство; 4 – излучатель ВЧ сигнала накачки, расположенный в непосредственной близости от ВЧ приемника 9 ППАЛТ; 10 – полосовой фильтр; 11 – демодулятор (детектор); 12 – фильтр НЧ; 13 – анализатор спектров ВЧ и НЧ сигналов; 14 – решающее устройство (ЭВМ). В состав канала градуировки ППАЛТ входят: 5 – генератор калибровочного НЧ сигнала; 6 – гидроакустический излучатель калибровочного НЧ сигнала; 7 – измерительный гидрофон, установленный в непосредственной

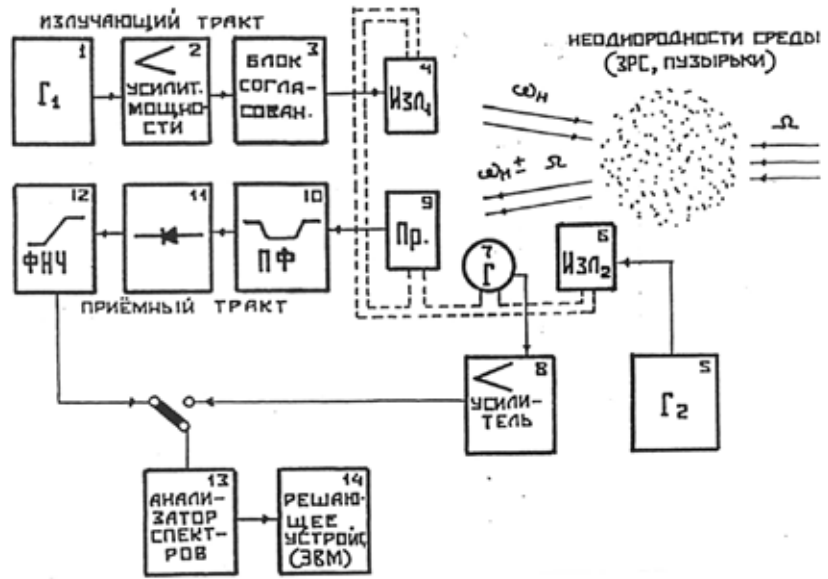


Рис. 1. Структурная схема разработанной параметрической приемной антенны локационного типа с каналом ее градуировки

близости от приемного элемента ППАЛТ 9; 8 – усилитель ВЧ и НЧ сигналов.

В процессе работы ППАЛТ с помощью генератора 5 и излучателя 6 калибровочного НЧ сигнала добиваются равенства на измерительном гидрофоне 7 амплитуды НЧ полезного сигнала  $\Omega$  источник которого находится в дальнем поле ППАЛТ, и калибровочного сигнала  $\Omega - \Delta\Omega$ , источник которого находится в ближнем поле ППАЛТ. После взаимодействия рассеянного сигнала на неоднородностях водной среды ВЧ сигнала накачки  $\omega_n$  с НЧ полезным сигналом на частоте  $\Omega$  и НЧ калибровочным сигналом на частоте  $\Omega - \Delta\Omega$  определяют уровень полезной (обусловленной нелинейным взаимодействием ВЧ и НЧ акустических волн в водной среде) и паразитной (обусловленной нелинейным взаимодействием ВЧ и НЧ сигналов в приемном тракте) модуляции ВЧ волны накачки и НЧ полезного сигнала.

Традиционно в качестве ВЧ сигнала накачки в параметрических приемных и излучающих антеннах применяется акустическая волна [5–7]. При этом одно из направлений совершенствования ППАЛТ связано с увеличением (от нескольких десятков метров до единиц километров) ее базы – протяженности области взаимодействия акустических волн ВЧ накачки и НЧ полезного сигнала. Для этого предлагается полнее использовать акустические характеристики (сила слоя, резонансная частота, пространственное положение в течение суток и по сезонам года и др.) биологических звукорассеивающих слоев в данном географическом районе [2].

Второе направление совершенствования ППАЛТ связано с увеличением базы принимаемых ВЧ сигналов комби-

национных частот [2]. Из теории помехоустойчивости известно, что повышение качества приема сигналов можно добиться путем увеличения его базы [5–7]:

$$B = \tau \Delta f, \quad (3)$$

где  $\tau$  – длительность импульса;  $\Delta f$  – полосу занимаемых частот.

Исходя из вышеизложенного, повышения помехоустойчивости ППАЛТ можно добиться применением сложных ВЧ сигналов накачки. В частности, использованием непрерывных и квазинепрерывных сигналов, а также расширением полосы частот, занимаемых ею. Интересен также тот факт, что использование широкополосных сигналов накачки помимо повышения помехоустойчивости ППАЛТ позволяет осуществлять электронное сканирование ее характеристики направленности (ХН).

Следующее направление связано с применением нескольких пар излучателей накачки и приемных элементов, ориентированных в одном направлении. В случае ориентировании каждой из пар в одну и ту же область пространства (водного или геосреды) повышается акустическая чувствительность параметрического приема. Кроме того, при использовании такой параметрической приемной антенной решетки появляется возможность электронного сканирования ХН за счет обычной задержки сигнала от элементарных параметрических приемников [5, 6].

Одно из направлений повышения помехоустойчивости ППАЛТ в условиях многолучевого распространения НЧ сигнала может быть связан с его многоканальной пространственной обработкой [2]. Сущность предлагаемого способа иллюстрирует рис. 2 и заключается в следующем.

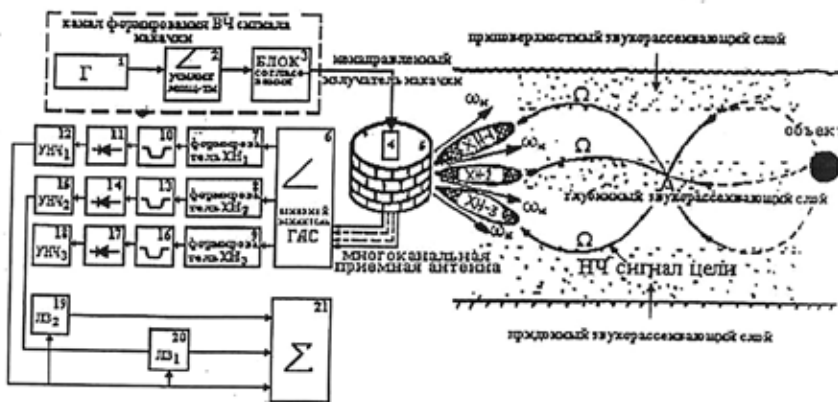


Рис. 2. Структурная схема параметрической приемной антенны с многоканальной пространственной обработкой принимаемых сигналов

В многоэлементной ППАЛТ формируют несколько ХН с их независимым сканированием в вертикальной плоскости. Благодаря высокой пространственной избирательности ППАЛТ может принимать отдельные лучи. В этом случае выигрыш в помехоустойчивости по сравнению с одноканальной обработкой достигается за счет различия законов суммирования сигнала и помехи при их усреднении. Сигнал практически во всех случаях оказывается полностью когерентным, в то время как помеха ведет себя либо как некогерентная, либо как частично когерентная. На выходе суммирующего устройства получаем [7]

$$Q = m \cdot \gamma_c \cdot \frac{S_0^2}{N_0^2}, \quad (4)$$

где  $m$  – число каналов;  $\gamma_c$  – коэффициент корреляции по сигналу;  $\frac{S_0}{N_0}$  – соотношение сигнал/помеха.

Другой путь повышения эффективности применения ППАЛТ может быть связан с подавлением мультипликативных акустических помех за счет использования многочастотного ВЧ сигнала накачки. С этой целью предлагается следующий способ повышения помехоустойчивости ППАЛТ, сущность которого иллюстрирует рис. 3 и заключается в следующем.

В водную среду излучается ВЧ сигнал накачки на частоте  $\omega_n$  ее высших гармоник:  $2\omega_n$ ,  $3\omega_n$  и др. (рис. 3, а). При этом базовая частота накачки  $\omega_n$  соответствует резонансной частоте  $\omega_s$  рассеивателей звука. На неоднородностях среды (газовые пузырьки и др. – для водной среды, поры и трещины – для геосреды) происходит нелинейное взаимодействие ВЧ накачки и НЧ сигнала с образованием ВЧ волн на комбинационных частотах:  $\omega_n \pm \Omega$ ;  $2\omega_n \pm \Omega$  и др. Принятый модуляционный процесс обрабатывается по нескольким частотным каналам с последующим суммированием НЧ сигнала.

Повышение помехоустойчивости ППАЛТ по отношению к аддитивным помехам может происходить по нескольким направлениям: снижается спек-

тральная плотность акустической помехи в заданном диапазоне частот; усиливается глубина модуляции при взаимодействии акустических волн в нелинейной водной среде и т. д. [2,5,6]

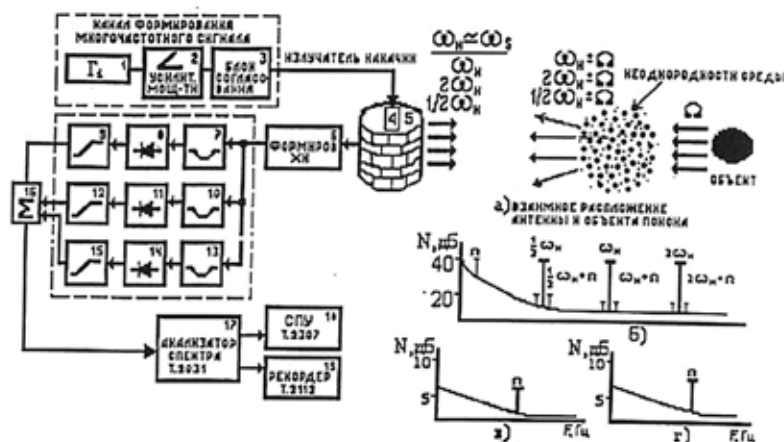


Рис. 3. Структурная схема параметрической приемной антенны с многоканальной частотной обработкой принимаемых сигналов

Однако определенный практический интерес представляет использование в ППАЛТ, находящейся в многофазной (содержащей газы включения и механические взвеси, в том числе с поверхностными электрическими зарядами) электромагнитной накачке. Другими словами, в неоднородной морской среде существует теоретическая возможность образования волн комбинационных частот на колеблющихся пузырьках воздуха и механических примесей с однотипными поверхностными зарядами под воздействием НЧ (единицы–сотни Герц) акустической волны полезного сигнала и НЧ (единицы–десятки килоГерц) электромагнитной волны накачки.

Испытания ППАЛТ с электромагнитной и акустической накачкой проводили в несколько этапов, как целенаправленно, так и параллельно с испытанием гидроакустического канала управления проводниковой системы ГАРД [3]: в гидроакустических бассейнах с пресной водой (Россия, Китай, Южная Корея, Вьетнам), в соленой морской воде (бухты Патрокл, Витязь и Се-

верная, Японское море), в пресной воде с большим содержанием биологических (водоросли и др.) и механических (частицы глины и др.) примесей (р. Сунгари, г. Харбин, Китай; р. Инджи, г. Пусан, Южная Корея; р. Меконг, г. Хошимин, Вьетнам) и в опресненной воде – район впадения р. Меконг в Южно-Китайское море (г. Вунгтау, Вьетнам) и т. д.

1. При этом в качестве приемного элемента ППАЛТ всегда использовались один или несколько (от 3 до 64) электроакустических преобразователей от ГАСН «МГ-7».

Для примера на рис. 4 показан внешний вид двух типов ППАЛТ.

Как видно из рис. 4, ППАЛТ отличались незначительными массогабаритными характеристиками.

2. Сканирование ХН ППАЛТ для минимизации вклада помех электрического происхождения осуществлялось

только механическим способом, как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях (см. рис. 2).

3. Тракт формирования и излучения сигнала электромагнитной накачки включал: генератор НЧ сигнала в диапазоне частот от 6 до 16 кГц, усилитель мощности, сердечник с размещенным вокруг него кабелем сечением 2 мм и длиной 120 м, а также аккумулятор емкостью 240 А·ч, напряжением 24 В и током 5 А. При этом данный тракт для минимизации вклада помех электрического происхождения был полностью автономным и располагался (на специальной плавучести – в бассейне или на деревянной лодке – на море) в непосредственной близости от приемного элемента ППАЛТ.

В результате многолетних (с 1986 по 2012 г.) испытаний ППАЛТ установлено, что при определенных условиях в морской воде эффективность (с точки зрения соотношения сигнал/помеха и уменьшения ширины основного максимума ХН) электромагнитной накачки оказывалась выше, чем акустической.

Однако отсутствие адекватной физико-математической модели не только сдерживало проведение широкомасштабных экспериментальных исследований с ППАЛТ, но и не позволяло (исходя из научной осторожности) публиковать результаты испытаний. вплоть до настоящего времени.

Кратко проанализируем результаты сравнительных испытаний по применению ППАЛТ с акустической и электромагнитной накачкой в бухте Витязь залива Петра Великого, Японское море, в 1997 г.

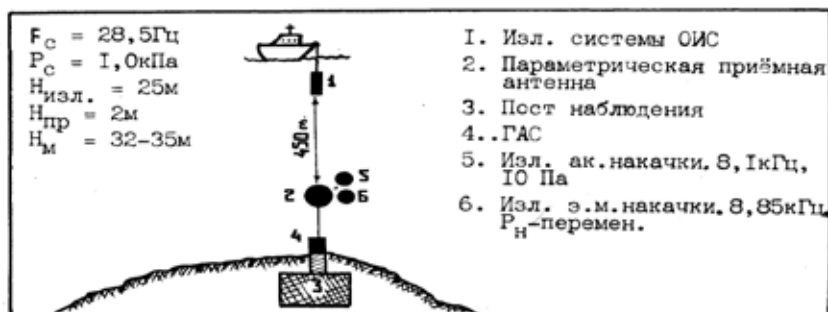
На рис. 5, а приведена схема проведения испытаний, а на рис. 5, б, в – сонограммы НЧ полезного сигнала частотой 28,5 Гц, зарегистрированные на выходе блока обработки сигналов в нелинейном (электромагнитная накачка) и линейном (штатном) режиме работы ГАССН.

Как видно из рис. 5, б, только в нелинейном режиме работы ГАССН регистрировалась характерная дискретная составляющая от НЧ полезного сигнала частотой 28,5 Гц. При этом ее уровень на 20–40 дБ превышал уровень помех.

Таким образом, преимущества по выбранным ранее частным показателям эффективности (соотношение сигнал/помеха и др.) электромагнитной накачки по отношению к акустической накачке в нелинейном тракте ГАССН очевидны.

Говоря о перспективах применения методов и средств нелинейной гидроакустики в ГАССН, отметим, что в настоящее время за рубежом успешно эксплуатируются и разрабатываются новые типы параметрических эхолотов, прецизионных профилографов, параметрических рыболокаторов с высоким «разрешением» и «малой мертвой зоной»; параметрической рыбопоисковой аппаратуры траверзного, секторного и кругового обзора пространства (для работы в мелком море, поиска придонной и приповерхностной рыбы); приборы для морской геологии, исследования структуры морского дна и классификации морских осадков по спектру рассеянного звука; параметрические приборы для определения акустических импедансов объектов; низкочастотные параметрические приборы для приманивания и отпугивания косяков рыб; параметрические эхолодомеры; параметрические излучатели для изучения фарватеров на мелководье и в районах с ледовым покрытием; параметрические доплеровские лаги; параметрические широкополосные гидролокаторы звукового и инфразвукового диапазонов частот; параметрические акустические приборы для изучения тонкой структу-

а)



б)

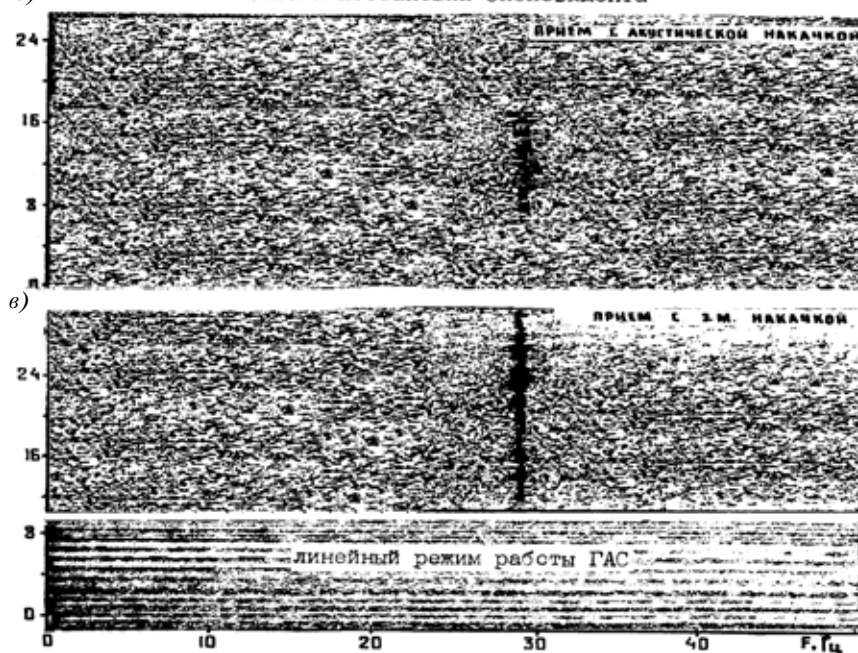


Рис. 5. Схема проведения испытаний (а) и сонограммы (б, в) тонального сигнала 28,5 Гц, зарегистрированных в параметрическом и линейном режимах работы ГАССН

ры океана, вихревых движений, внутренних волн и звукорассеивающих слоев в океане; станции помехозащищенной звукоподводной связи; параметрические приборы измерения параметров морского волнения, определения профиля и толщины солевых пластов и др. [5,6].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бахарев С.А., Кравченко В.В., Лямин Г.И. Анализ физических принципов функционирования параметрической приемной антенны локационного типа. – V Дальневосточ. науч.-технич. конфер. (НТК) «Акустические методы исследований океана», Владивосток, ДВО РАН, 1989, С. 78–80.
2. Бахарев С.А., Потанов А.С., Чудаков А.И. Некоторые результаты использования параметрических излучающих и приемных антенн. – VII

Дальневосточ. науч.-технич. конфер. (НТК) «Судовая электроника», Владивосток, ДВО РАН, 1994, с. 21–23.

3. Бахарев С.А., Рогожищников А.В. Перспективы развития гидроакустических средств гражданского назначения, в том числе с использованием методов нелинейной акустики. – Тр. Всерос. конфер. «Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики», СПб., 2012, с. 30–33.
4. Бахарев С.А. Способ высоконаправленного излучения и приема широкополосных акустических сигналов. – Патент РФ № 2247409, 2003 г., опубл. 27.02.2005, //БИ, 2005, № 6.
5. Новиков Б.К., Руденко О.В., Тимошенко В.И. Нелинейная гидроакустика. – Л.: Судостроение, 1978. – 315 с.
6. Новиков Б.К., Тимошенко В.И. Параметрические антенны в гидролокации. – Л.: Судостроение, 1990. – 297 с.
7. Урик Р.Дж. Основы гидроакустики. – Л.: Судостроение, 1978. – 377 с. ■



Современный подход к разработке электронной эксплуатационной документации основан на использовании технологии, обеспечивающей возможность выпуска документации из единого источника как в традиционном «бумажном» исполнении, так и в электронной форме [1].

Наиболее детально процессы разработки технической документации в электронной форме регламентируются международной спецификацией S1000D [2]. В основе этой спецификации лежит модульный принцип создания технической документации, в соответствии с которым технический документ формируется из набора отдельных логически завершенных информационных объектов – XML-модулей данных. Каждый модуль данных (МД) имеет собственное наименование и уникальный код, при этом все версии МД хранятся в единой базе и доступны для использования в любых документах.

Структура документа (содержание с перечнем разделов) выполняется как XML-модуль публикации. Формирование каждого документа из базы данных МД осуществляется путем привязки определенных МД к разделам XML-модуля публикации будущего документа. XML-модуль публикации может быть преобразован в печатную форму документа в формате PDF или в электронную форму (рис. 1).

Особенностью данной технологии является возможность представления электронного документа в интерактивной форме как интерактивного электронного технического руководства (ИЭТР) [3].

Создавая структуру документа, необходимо осуществлять декомпозицию на разделы, максимально отражающие состав модулей данных [4, 5]. Модуль данных (МД) формируется как логически завершенный объект, содержащий совокупность взаимосвязанных технических сведений, относящихся к определенной тематике. Примером МД может быть техническое описание узла в изделии, регламент техническо-

## СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ ЭЛЕКТРОННОЙ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ДЛЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ КОРАБЕЛЬНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

**М. В. Сергеев**, инженер ОАО «Концерн «НПО «Аврора»,  
контакт. тел. (812) 292 9546

го обслуживания, отдельный подраздел документа.

Каждый модуль данных имеет реквизитную и содержательную часть.

*Реквизитная часть МД* содержит идентификационно-статусную информацию и включает набор атрибутов, необходимых для идентификации и поиска МД в базе данных, а также решения других задач, связанных с разработкой и сопровождением документации.

*Содержательная часть МД* определяет информационное наполнение МД, включающее в себя текстовую информацию, внутренние ссылки между элементами МД, а также внешние ссылки на другие МД и объекты «Иллюстрация».

Информационный объект «Иллюстрация» включает любую информацию не в формате XML, связанную с модулями данных. Объект «Иллюстрация» является самостоятельным файлом.

Изображения иллюстраций при формировании внешнего представления МД помещаются в соответствующие области МД.

Порядок внешнего оформления МД регламентируется шаблонами.

При публикации документа в соответствии с выбранным шаблоном автоматически генерируются колонтитулы с необходимыми реквизитами модуля данных и документа, к которому прикреплен МД; генерируется титульный лист, оглавление, перечень иллюстраций, перечень аббревиатур и т. п.

### ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА МОДУЛЕЙ ДАННЫХ

Очевидно, что основное преимущество разработки технической документации модульной структуры обеспечивается снижением трудоемкости ее разработки за счет заимствования из базы данных (БД) модулей данных, необходимых для формирования соответствующего документа. При этом немаловажен вопрос оптимального состава БД МД для разработки эксплуатационной документации (ЭД) каждой из автоматизированных систем управления корабельными ТС.

С точки зрения оптимизации состава и размерности модулей данных в БД МД, необходимых для формирования любого документа из комплекта ЭД, можно выделить следующие типы МД:

*Первый тип* – модули данных, сформированные из разделов технической документации в составе ЭД конкретной системы управления техническими средствами (СУ ТС);

*Второй тип* – модули данных общего применения, сформированные для унифицированных устройств, применяемых в СУ ТС различного назначения (прибор, модуль, блок);

*Третий тип* – модули данных общего применения в составе разделов технической документации любой СУ ТС.

Состав МД первого типа ориентирован по идентификационному коду [6] системы, МД второго типа – по идентификационному коду унифицированных устройств общего применения, МД третьего типа требует специального идентификационного кода.

Вопрос оптимизации состава МД следует поранализировать применительно к указанным типам МД. Будем рассматривать МД в его классическом представлении (логически завершенный, неделимый) как элементарный МД, а комбинацию элементарных МД определенного функционального назначения – как укрупненный МД.

Использование укрупненных МД снижает общую размерность технического документа за счет уменьшения количества обязательных листов при создании публикации МД, например, таких как содер-

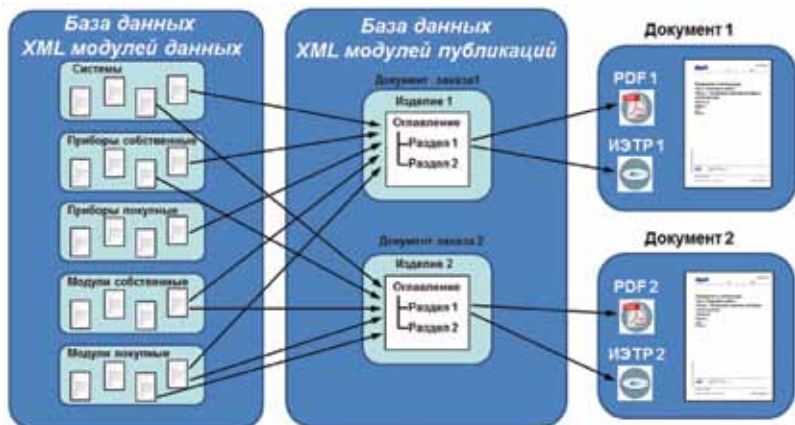


Рис. 1. Модульный принцип формирования технической документации

жание, перечни таблиц и иллюстраций (при необходимости). Кроме того, в таком документе проще ориентироваться, учитывая, что каждый отдельный МД имеет собственную нумерацию страниц.

Для МД первого типа оптимальный состав МД необходимо определять разработчику системы путем объединения, если это целесообразно, подразделов в укрупненный МД, исходя из минимального размера содержательной части элементарных МД (подразделов).

Для МД второго типа оптимальный состав МД определяется в соответствии с указанным для МД первого типа. При этом укрупненный МД может объединять подразделы, выполняемые специалистами смежных подразделений, например, подразделы, относящиеся к описанию конструкции прибора и его работе. Очевидно,

что это зависит прежде всего от типа прибора: местный, автономный, навесной или сетевой; при этом описание центральных приборов, как правило, содержит МД, состав которых соответствует подразделам или разделам, указанным в содержании руководства по эксплуатации (РЭ). Состав МД, описывающих характеристики каждого из унифицированных модулей как базовых конструктивных элементов при формировании приборов, также может быть укрупнен – вплоть до объединения всех разделов описания унифицированного модуля в единый МД.

При формировании МД третьего типа следует исходить из наличия стандартных разделов (подразделов), содержание которых неизменно для разных СУ ТС. Например, разделы «Маркировка и пломбирование», «Упаковка», «Меры безопасности»,

«Руководство по хранению, транспортировке и утилизации» и т.д. Сложность кодирования МД этого типа состоит в том, что они могут использоваться под идентификационным кодом любой системы – в зависимости от принадлежности к описанию данной системы. Поэтому идентификационный код МД третьего типа должен присваиваться по месту его «привязки» к определенным разделам документа из состава ЭД при публикации документа.

При оптимизации МД первого и второго типа на основе объединения подразделов, когда их размеры минимальны, сложность укрупненного МД возникает, если эти подразделы отличаются только информационными кодами в структуре кода модуля данных, например, для МД разделов «Электромонтаж» (информационный код 055) и «Таблица соединений»

| Структура документа   | Код модуля данных                             |
|---|---|
| Титульный лист  | ABCD.111111.111-0000-V15-00-0000-00000-001R-A |
| Содержание  | ABCD.111111.111-0000-V15-00-0000-00000-009R-A |
| Общие сведения  | ABCD.111111.111-0000-V15-00-0000-00000-010R-A |
| Раздел 1 – Описание и работа                                    |   |
| Раздел 1.1 – Описание и работа системы                          |   |
| Раздел 1.1.1 – Назначение системы                               | ABCD.111111.111-0000-V10-00-0000-00000-011R-A |
| Раздел 1.1.2 – Технические характеристики                       | ABCD.111111.111-0000-V10-00-0000-00000-030R-A |
| Раздел 1.1.3 – Состав системы                                   | ABCD.111111.111-0000-V10-00-0000-00000-020R-A |
| Раздел 1.1.4 – Устройство и работа                              | ABCD.111111.111-0000-V10-00-0000-00000-040R-A |
| Раздел 1.2 – Описание и работа составных частей                 |   |
| Раздел 1.2.1 – Описание и работа приборов                       |   |
| Раздел 1.2.1.1 – Прибор 1                                       |   |
| Раздел 1.2.1.1.1 – Прибор 1. Описание и работа                  | ABCD.222222.111-0000-V20-00-0000-00000-040R-A |
| Раздел 1.2.1.1.2 – Прибор 1. Схема электрическая принципиальная | ABCD.222222.111-0000-V20-00-0000-00000-051R-A |
| Раздел 1.2.1.1.3 – Прибор 1. Вид общий                          | ABCD.222222.111-0000-V20-00-0000-00000-049R-A |
| Раздел 1.2.1.2 – Прибор 2                                       |   |
| ...   | ...   |
| ...   | ...   |
| Раздел 1.2.2 – Описание и работа модулей                        |   |
| Раздел 1.2.2.1 – Модуль 1                                       |   |
| Раздел 1.2.2.1.1 – Модуль 1. Описание и работа                  | ABCD.333333.111-0000-V30-00-0000-00000-040R-A |
| Раздел 1.2.2.1.2 – Модуль 1. Схема электрическая принципиальная | ABCD.333333.111-0000-V30-00-0000-00000-051R-A |
| Раздел 1.2.2.1.3 – Модуль 1. Вид общий                          | ABCD.333333.111-0000-V30-00-0000-00000-049R-A |
| Раздел 1.2.2.2 – Модуль 2                                       |   |
| ...   | ...   |
| ...   | ...   |
| Раздел 2 – Использование по назначению                          |   |
| Раздел 2.1 – Эксплуатационные ограничения                       | ABCD.111111.111-0000-V10-00-0000-00000-113R-A |
| Раздел 2.2 – Подготовка изделия к использованию                 | ABCD.111111.111-0000-V10-00-0000-00000-120R-A |
| Раздел 2.3 – Использование системы                              | ABCD.111111.111-0000-V10-00-0000-00000-130R-A |
| Раздел 3 – Техническое обслуживание                             | ABCD.111111.111-0000-V10-00-0000-00000-200R-A |
| Раздел 4 – Текущий ремонт                                       |   |
| Раздел 4.1 – Поиск отказов, повреждений и их последствий        | ABCD.111111.111-0000-V10-00-0000-00000-420R-A |
| Раздел 4.2 – Устранение отказов, повреждений и их последствий   | ABCD.111111.111-0000-V10-00-0000-00000-663R-A |
| Раздел 5 – Маркировка и пломбирование                           | ABCD.111111.111-0000-V10-00-0000-00000-257R-A |
| Раздел 6 – Упаковка   | ABCD.111111.111-0000-V10-00-0000-00000-713R-A |
| Раздел 7 – Транспортирование                                    | ABCD.111111.111-0000-V10-00-0000-00000-860R-A |
| Раздел 8 – Хранение   | ABCD.111111.111-0000-V10-00-0000-00000-850R-A |
| Раздел 9 – Утилизация   | ABCD.111111.111-0000-V10-00-0000-00000-990R-A |
| Раздел 10 – Принятые условные обозначения                       | ABCD.111111.111-0000-V15-00-0000-00000-005R-A |
| Примечание:   |   |
| • ABCD.111111.111 – Обозначение СУ ТС;                          |   |
| • ABCD.222222.111 – Обозначение прибора 1;                      |   |
| • ABCD.333333.111 – Обозначение модуля 1.                       |   |

Рис. 2. Пример структуры эксплуатационного документа «Руководство по эксплуатации»

(информационный код 053) при описании одного и того же прибора. При этом для таких МД приходится давать взаимные ссылки, так как каждый из них является неотъемлемой частью другого.

При использовании для других систем управления МД из состава первоначально сформированной БД МД, может происходить расширение БД за счет как появления новых МД, так и объединения существующих МД в качестве базовых элементов формирования ЭД. Это может вызываться потребностью в оптимизации состава МД для конкретной системы при формировании нового комплекта документации из состава ЭД с учетом специфики этой системы.

Выбор информационных кодов в составе кода МД осуществляется на основе обобщенного состава информационных кодов, приведенного в спецификации S1000D. При этом в составе перечня информационных кодов предусмотрены резервные коды, которые можно произвольно назначать с учетом специфики документа.

Задача кодирования укрупненных МД первого и второго типа, если информационные коды составных элементарных МД различаются, может быть решена дополнением списка принятых информационных кодов резервными кодами, определяющими характер укрупненного МД в зависимости от назначения составных элементарных МД.

### ОСОБЕННОСТИ КОДИРОВАНИЯ МД

Документы из состава БД МД формируются с учетом принятой системы кодирования МД, позволяющей заимствовать МД из разных документов. Существуют разные подходы к кодированию. Один из них, принятый для СУ ТС, основан на использовании в коде МД привязки к конечному изделию: в составе кода модуля данных (КМД) содержится обозначение изделия и SNS-код, раскрывающий структуру изделия, к которому относится МД. Таким образом, если информация относится непосредственно к модулю, то КМД привязывается к обозначению модуля, если к системе в целом, то КМД привязывается к обозначению системы. Поэтому документ модульной структуры, формируемый для СУ ТС, содержит модули данных, в составе КМД которых будут содержаться обозначения и SNS-коды различных изделий, которые входят в состав СУ ТС (система–прибор–модуль) [7].

Данный подход позволяет заимствовать МД отдельных изделий, используемых для разных заказов. На рис. 2 в качестве примера приведена структура документа (руководства по эксплуатации), представленная в базе модулей данных с указанием их кодов, сформированных по указанному принципу.

Некоторые отечественные заказчи-

ки выдвигают собственные требования по кодификации МД, в соответствии с которыми КМД должен быть привязан непосредственно к заказу и для каждой составной части содержать SNS, раскрывающий его структуру. При этом для каждой составной части заказа должны быть сформированы отдельные модули данных. Подобный подход затрудняет реализацию принципа заимствования МД для других заказов в соответствии с приведенным выше.

Рассмотрим возможные варианты реализации принципа заимствования МД при наличии указанных требований заказчика.

*Первый вариант* – клонирование МД: создание для каждого заказа отдельных экземпляров МД на основе имеющихся в БД МД (рис. 3). В этом случае возможно заимствование для нового заказа отдельных МД, совпадающих по содержательной части, с присвоением каждому клонированному МД новой реквизитной части.

Очевидно, что такой подход увеличивает размер БД МД, а также усложняет процесс внесения изменений, так как при необходимости корректировки исходного МД требуется и корректировка его «клона».

*Второй вариант* – использование для нового заказа «виртуальных» МД на основе ссылок на соответствующие МД, совпадающие по содержательной части. В этом

случае размер БД не увеличивается, а проблемы двойной корректировки можно избежать, если «виртуальный» МД привязывать не просто к коду реального (исходного) МД, а еще и к версии МД (рис. 4).

### ИНТЕРАКТИВНАЯ ФОРМА ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТА

Представление электронного документа в интерактивной форме существенно расширяет возможности его использования на протяжении всего жизненного цикла процесса эксплуатации корабельной СУ ТС, позволяя решать следующие задачи, актуальные как для процесса обучения оператора, так и в период эксплуатации [8]:

- расширение содержимого руководства по эксплуатации путем привлечения необходимой текстовой, графической, схемной или мультимедийной информации как из состава ЭД, так и дополнительной;
- визуализация трактов прохождения сигналов управления (сигнализации) для выбранного исполнительного органа (источника информации);
- диалоговый режим поиска и устранения неисправностей на уровне типовой единицы замены на основе блок-схемы алгоритма, где развитие процесса поиска определяется ответами пользователя на поставленные вопросы;

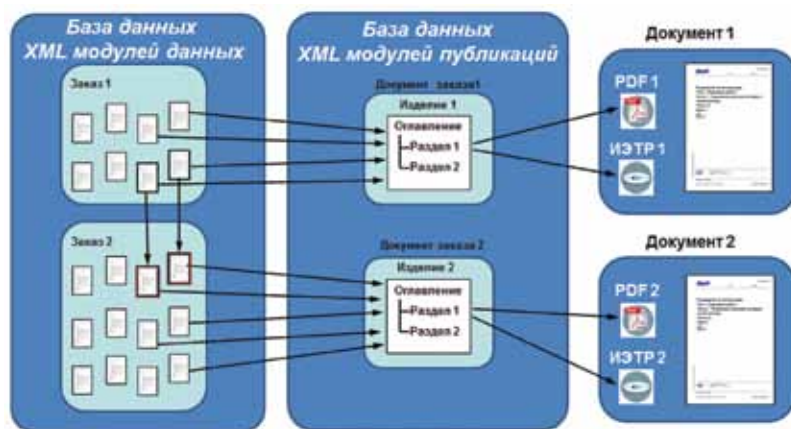


Рис. 3. Клонирование МД

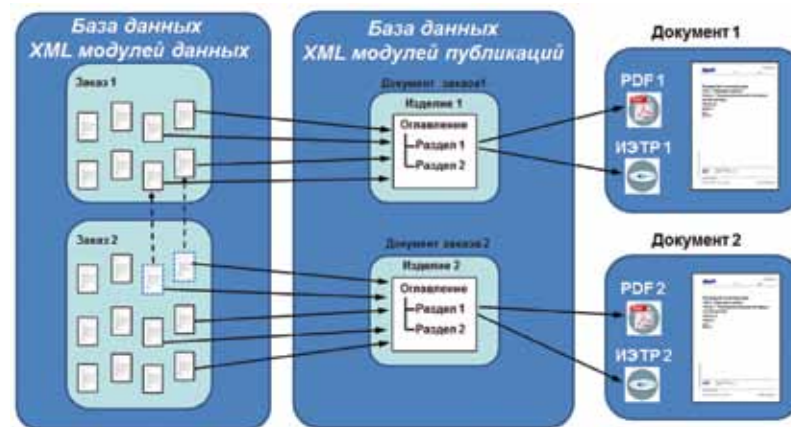


Рис. 4. Создание «виртуальных» МД

- представление видеороликов, демонстрирующих процесс замены элементов из состава ЗИП;
- имитация работы оператора с помощью виртуальных кнопок на «штатных» видеокадрах с одновременным отображением текстовых указаний пользователю по процедуре управления и контроля отработки выбранного режима;
- возможность последовательного выбора изображений разного уровня интеграции для их отображения с более подробной детализацией; например, переход от структурной схемы системы к структуре отдельного канала, а затем – к принципиальной схеме канала или его участка;
- возможность движения и масштабирования отображаемых на экране схем, иллюстраций;
- предоставление в интерактивном режиме при поиске неисправности типа «обрыв» или «короткое замыкание» необходимой справочной информации в виде схем, таблиц, подсказок;
- разработка и включение в состав ИЭТР сценариев замены элементов конструкций на основе 3D-моделей приборов и модулей СУ ТС.

В табл. 1 указанные дополнительные функциональные возможности интерактивного электронного документа (ИЭД) привязаны к разделам «Руководства по эксплуатации».

2. Модули данных классифицируются с учетом особенностей их заимствования из общей БД: МД, сформированные из разделов технической документации в составе ЭД конкретной СУ ТС; МД общего применения, сформированные для унифицированных устройств, применяемых в СУ ТС различного назначения (прибор, модуль, блок) и МД общего применения в составе разделов технической документации любой СУ ТС.

3. Для СУ ТС принят подход к кодированию, основанный на использовании в коде МД привязки к конечному изделию: в составе кода модуля данных (КМД) содержится обозначение изделия и SNS-код, раскрывающий структуру изделия, входящего в состав СУ ТС, к которому относится МД, (система–прибор–модуль). Такой подход обеспечивает возможность заимствования МД отдельных изделий, используемых для разных заказов.

Состав МД первого типа ориентирован по идентификационному коду системы, МД второго типа – по идентификационному коду унифицированных устройств общего применения, МД третьего типа требует специального идентификационного кода.

4. Разработаны варианты реализации принципа заимствования МД из БД, если в соответствии с требованиями заказчика по кодификации код МД должен быть привязан непосредственно к заказу и для

можно избежать, если «виртуальный» МД привязывать не просто к коду реальному (исходному) МД, но и к версии МД.

5. Показаны дополнительные функциональные свойства электронного документа в интерактивном исполнении, расширяющие возможности его использования на протяжении всего жизненного цикла процесса эксплуатации корабельной СУ ТС. Они направлены на изучение устройства изделия и его составных частей, принципов действия и правил эксплуатации при различных режимах работы на основе имитации работы оператора виртуальными средствами, использования интерактивных методов выявления и устранения неисправностей с выделением необходимых фрагментов схем и визуального представления операций по замене элементов из состава ЗИП и др.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Брезгин Р.В.* Состояние и перспективы развития технологии разработки электронной эксплуатационной документации // Системы управления и обработки информации: Науч.-техн. сб./ОАО «Концерн «НПО «Аврора», СПб. – 2012. – Вып. 24. – С. 169–174
2. S1000D International Specification for Technical Publication utilizing a common source database (Международная спецификация требований к техническим руководствам, выполняемым с использованием общей базы данных).
3. *Гольтраф В.И., Боброва И.Л., Брезгин Р.В.* Актуальные задачи и состояние разработки интерактивных электронных технических руководств для СУ ТС // Системы управления и обработки информации: Науч.-техн. сб./ФНПЦ «НПО «Аврора», СПб. – 2007. – Вып. 14. – С. 94–102.
4. *Боброва И.Л., Брезгин Р.В.* К вопросу о формировании состава модулей данных при разработке эксплуатационной документации по требованиям RISSE-08 // Системы управления и обработки информации: Науч.-техн. сб./ОАО «Концерн «НПО «Аврора», СПб. – 2012. – Вып. 25. – С. 85–89.
5. *Брезгин Р.В., Боброва И.Л.* Электронная техническая документация модульной структуры: опыт разработки // Системы управления и обработки информации: Науч.-техн. сб./ФНПЦ «НПО «Аврора», СПб. – 2008. – Вып. 16. – С. 147–155.
6. *Брезгин Р.В., Кобзев В.В.* Система кодификации при разработке электронной документации по спецификации S1000D (в порядке обсуждения) // Морская радиоэлектроника. – 2011. – № 4 (38). – С. 14–19.
7. *Сергеев М.В.* Реализация принципа заимствования модулей данных при разработке технической документации модульной структуры // Системы управления и обработки информации: Науч.-техн. сб./ОАО «Концерн «НПО «Аврора», СПб. – 2013. – Вып. 27. – С. 138–144.
8. *Брезгин Р.В., Боброва И.Л.* Использование интерактивных электронных технических руководств при технической диагностике СУ ТС // Системы управления и обработки информации: Науч.-техн. сб./ОАО «Концерн «НПО «Аврора», СПб. – 2011. – Вып. 23. – С. 83–89. ■

Таблица 1  
Дополнительные возможности ИЭД, расширяющие содержимое руководства по эксплуатации СУ ТС

| Раздел РЭ  | Дополнительные материалы в составе ИЭД   |
|--|--|
| «Описание и работа системы»  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные структурные и функциональные схемы с возможностью визуализации трактов прохождения сигналов управления (сигнализации) по типовым (или индивидуальным) каналам управления (сигнализации).</li> <li>• 3D-модели приборов и модулей</li> </ul>                               |
| «Использование по назначению»  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Анимированные интерактивные сценарии для имитации работы оператора с помощью виртуальных кнопок на «штатных» видеокадрах с одновременным отображением текстовых указаний пользователю по процедуре управления и контроля отработки выбранного режима</li> </ul>                         |
| «Перечень возможных неисправностей системы и рекомендации по действиям при их возникновении» | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные алгоритмы поиска и устранения неисправностей.</li> <li>• Представление участка функционально-принципиальной схемы системы по запросу пользователя.</li> <li>• Представление таблицы подключений для неисправного участка схемы системы по запросу пользователя</li> </ul> |
| «Техническое обслуживание» и «Текущий ремонт»  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Анимированные ролики, выполненные на основе 3D-моделей электронных моделей или видеоматериалов для визуального представления технологических операций по замене составных частей системы</li> </ul>   |

## ВЫВОДЫ

1. Современный подход к формированию технической документации основан на принципе модульности, регламентируемого международной спецификацией S1000D, при котором технический документ формируется из набора отдельных логически завершённых информационных объектов – XML-модулей данных. При этом из единого источника возможен выпуск документа как в традиционном «бумажном» исполнении, так и в электронной форме.

каждой составной части содержать SNS, раскрывающий структуру заказа.

Первый вариант основан на клонировании МД, при котором возможно заимствование для нового заказа МД, совпадающих по содержательной части, что увеличивает объем БД и усложняет процесс корректировки. Во втором варианте для нового заказа используются «виртуальные» МД на основе ссылок на соответствующие МД, совпадающие по содержательной части. При этом размер БД не увеличивается, а проблемы двойной корректировки

Одним из важнейших направлений в практике проектирования систем управления движением подводными аппаратами (ПА) является компенсация внешних стохастических возмущений. На современном этапе развития для этого, как правило, используются цифровые регуляторы. При этом, поскольку объект управления – ПА, т.е. непрерывный элемент замкнутой системы, вся система в целом считается гибридной, непрерывно-дискретной, периодически нестационарной. В литературе такие системы управления получили название *импульсных*.

Многие методы исследования импульсных систем, основанные на построении дискретных моделей непрерывных объектов, являются приближенными и не учитывают межтактовое поведение системы. Однако одна из особенностей импульсных систем управления ПА состоит в том, что основные внешние возмущения прикладываются непосредственно к непрерывному объекту управления и на значения выходных сигналов системы оказывают влияние все значения входных. В этом случае, как показано в [1], приближенные методы, использующие дискретизацию, могут приводить к неудовлетворительному результату. Поэтому для исследования импульсных систем управления ПА необходимо применять специальные строгие методы, учитывающие динамику системы в непрерывном времени.

Развитию таких методов посвящена обширная литература (см., например, [2,3] и цитируемые там источники). Для инженерной практики наиболее удобны методы, основанные на концепции параметрической передаточной функции (ППФ). Общий аппарат теории ППФ изложен в [3,4]. ППФ является аналогом обычной передаточной функции стационарных систем и поэтому позволяет распространить многие методы классической теории автоматического управления на исследование импульсных систем.

Одним из таких, особенно актуальных для проектирования систем управления ПА методов, признан метод гарантирования точности. В рамках этого метода предполагается, что параметры внешнего стохастического воздействия известны не полностью. При этом метод позволяет гарантировать точность управления не для конкретного воздействия, а для целого их класса, заданного обобщенными характеристиками. Основы метода гарантирования точности для линейных стационарных систем рассмотрены в [5]. В [6] с использованием концепции ППФ метод гарантирования точности распространен на случай импульсных систем. Различные примеры

# ОПТИМИЗАЦИЯ ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ ДЛЯ ПОДВОДНОГО АППАРАТА ПО КРИТЕРИЮ МИНИМУМА ОЦЕНКИ МГНОВЕННОЙ ДИСПЕРСИИ

**В. О. Рыбинский**, канд. техн. наук, доцент СПбГМТУ, контакт. тел. +7 904 337 8954

гарантирования точности систем управления движением морских объектов рассмотрены в [7–9] и других работах этих авторов.

При этом в процитированных работах в качестве показателей точности функционирования импульсных систем при оптимизации используются оценки средних дисперсий выходных сигналов. Однако, как показано в [10], в отдельных случаях в системах гарантированной точности при сравнительно небольшом значении оценки средней дисперсии величина оценки мгновенной дисперсии в некоторые моменты может достигать весьма значительных величин. Кроме того, значительную величину может иметь также амплитуда изменений оценки мгновенной дисперсии на периоде квантования системы. Такой эффект может быть ослаблен при использовании в процессе оптимизации в качестве показателей точности максимальных на периоде значений оценок мгновенной дисперсии.

К тому же, как показывают практические вычисления, при синтезе импульсных систем важным оказывается учет вычислительного запаздывания, неизбежно присутствующего в цепи управления и величина которого в рамках существующих методов приближенно полагается постоянной.

В настоящей статье приводится процедура синтеза системы гарантированной точности управления движением ПА по критерию минимума оценки мгновенной дисперсии. В предлагаемой реализации процедуры синтеза учитывается вычислительное запаздывание, а также исследуется влияние изменения величины этого запаздывания на предельно достижимую точность управле-

ния. Результат исследования позволяет сформулировать важные для проектирования закономерности и выработать соответствующие рекомендации.

## МОДЕЛЬ ОБЪЕКТА, ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И ОПТИМИЗАЦИЯ

Процедуру синтеза рассмотрим на примере системы управления по курсу ПА, рассмотренным в [9], обладающим характерными параметрами для такого класса объектов [11]. Дифференциальное уравнение движения этого аппарата в горизонтальной плоскости имеет вид

$$252500 \frac{d^2\psi}{dt^2} = -5654,5V \frac{d\psi}{dt} + 47,7V^2\delta - 382296,5 \left( \frac{d\psi}{dt} \right)^2 + 37,5\pi \sin\delta + M_y, \quad (1)$$

где  $\psi$  – угол рысканья,  $V$  – скорость движения объекта,  $\delta$  – угол перекладки руля,  $M_y$  – момент внешних сил, отклоняющих объект от заданного направления движения.

Для синтеза будем использовать линейную модель этого аппарата, полученную аналогично тому, как это сделано в [9], для установившегося режима движения с постоянной скоростью  $V=1,5$  м/с. В этом режиме передаточные функции (ПФ) объекта (1) к скорости изменения угла  $\psi$ , от угла перекладки руля  $\delta$ , а также от момента внешних сил  $M_y$ , соответственно  $F_\delta(p)$  и  $F_M(p)$ , имеют вид

$$F_\delta(p) = \frac{0,00062}{p+0,043};$$

$$F_M(p) = \frac{4,8 \times 10^{-6}}{p+0,043}. \quad (2)$$

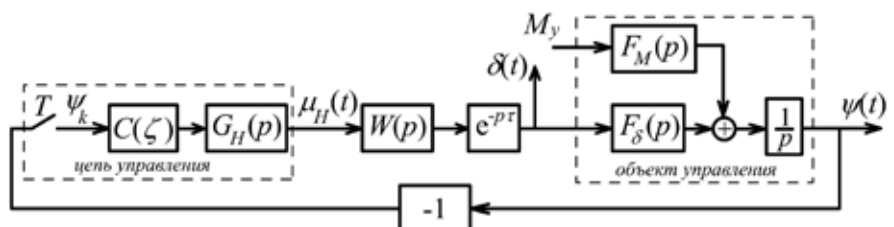


Рис. 1. Структурная схема линейаризованной системы управления

Структура импульсной системы управления для линеаризованной модели объекта представлена на рис. 1.

На рис. 1, помимо обозначений, принятых ранее, использованы следующие:  $W(p)$  – привод руля, при этом в данном примере полагается, что ПФ привода имеет вид

$$W(p) = \frac{2}{p+3}. \quad (3)$$

Выходными сигналами системы являются угол перекаладки руля  $\delta(t)$  и угол отклонения  $\psi(t)$  от требуемого направления движения. Выходной сигнал  $\psi(t)$  через отрицательную обратную связь подается в цепь управления. В состав цепи управления входят элемент квантования, преобразующий непрерывный сигнал  $\psi(t)$  в дискретную последовательность  $\psi_k$  с периодом  $T$ , причем период  $T$  – непатологический [3]; цифровой регулятор, ПФ  $C(z)$  которого имеет вид

$$C(z) = \frac{\sum_{r=0}^R a_r z^r}{\sum_{r=0}^R b_r z^r}, \quad (4)$$

где  $z = e^{-pT}$ , причем  $b_0 \neq 0$ , а  $R > 0$  – целое число, называемое порядком регулятора; ЦАП  $G_H(p)$ , в качестве которого в данной работе используется фиксатор нулевого порядка.

Кроме того, в системе имеет место вычислительное запаздывание  $\tau \approx \text{const}$ , причем  $\tau \neq T$ . Предположим, что система функционирует в условиях внешнего стохастического центрированного стационарного воздействия  $M_y(t)$ , причем спектральная плотность этого воздействия  $S_M(p)$  неизвестна, а известна лишь его принадлежность к определенному классу  $M_S$ , заданному обобщенными характеристиками. В качестве таких характеристик будем использовать совокупность дисперсии воздействия  $d_0$  и  $N$  его производных  $d_n$ ,  $n=1, \dots, N$ . В настоящей работе, аналогично [9], принимается

$$d_0 = 7,892, d_1 = 6,771. \quad (5)$$

Подробнее о методах формирования классов стохастических возмущений говорится в [5].

В соответствии с системой на рис. 1 можно поставить ППФ от входа  $g(t)$ , соответственно, к выходам  $\delta(t)$  и  $\psi(t)$ . Эти ППФ имеют вид

$$W_\delta(p, t) = \frac{1}{p} \left[ 1 - \frac{W_{G_H W_c F}(T, p, t) \tilde{C}(p)}{1 + W_{G_H W_c F}(T, p, 0) \tilde{C}(p)} \right];$$

$$W_\psi(p, t) = \frac{1}{p} \frac{W_{G_H W_c}(T, p, t) \tilde{C}(p)}{1 + W_{G_H W_c F}(T, p, 0) \tilde{C}(p)}, \quad (6)$$

где  $\tilde{C}(p) = C(z)|_{z=e^{-pT}}$ ;  $W_{G_H W_c F}(T, p, t)$ ,

$W_{G_H W_c}(T, p, t)$  – смещенные импульсно-частотные характеристики (СИЧХ).

Для произвольной, по крайней мере правильной дробнорациональной функ-

ции  $X(p)$  СИЧХ,  $W_x(T, p, t)$  определяется по формуле

$$W_x(T, p, t) = \frac{1}{T} \sum_{k=-\infty}^{\infty} X(p + ki\omega) e^{ki\omega t}, \quad (7)$$

В формулах (6), (7)  $W_c(p) = W(p)e^{-p\tau}$ ,  $F(p) = F_\delta(p) \frac{1}{p}$ , а  $\omega = \frac{2\pi}{T}$  – частота квантования. Замкнутые выражения для СИЧХ (7), а также общие свойства ППФ (6) рассмотрены в [3,4].

Поскольку вся система периодическая, то в установившемся режиме выходные сигналы  $\delta(t)$  и  $\psi(t)$  будут периодически нестационарными, их дисперсии, соответственно  $d_\delta(t)$  и  $d_\psi(t)$ , – периодическими функциями времени с периодом  $T$ :

$$d_\delta(t) = d_\delta(t+T); d_\psi(t) = d_\psi(t+T) \quad (8)$$

Поэтому традиционно [6–9] при решении задачи гарантирования точности импульсных систем в качестве показателей точности функционирования используются оценки средних дисперсий выходных сигналов вычисленные на классе  $M_S$ :

$$\bar{D}_\delta \geq \bar{d}_\delta = \frac{1}{T} \int_0^T d_\delta(t) dt;$$

$$\bar{D}_\psi \geq \bar{d}_\psi = \frac{1}{T} \int_0^T d_\psi(t) dt;$$

$$\forall S_M(p) \in M_S, \quad (9)$$

а в качестве критерия оптимизации – их взвешенная сумма. Однако практические вычисления показывают, что в импульсных системах значения оценок мгновенных дисперсий

$$D_\delta(t) \geq d_\delta(t); D_\psi(t) \geq d_\psi(t);$$

$$\forall S_M(p) \in M_S; \forall t \in [0, T], \quad (10)$$

могут для некоторых моментов значительно превосходить значения оценок (9), что приводит к значительным внутрипериодным колебаниям дисперсии в процессе функционирования системы. Для ослабления этого эффекта предлагается в качестве показателей точности функционирования использовать значения оценок мгновенных дисперсий (10), а в качестве критерия оптимизации – наибольшее на периоде значение их взвешенной суммы

$$E = \max_t (\bar{D}_\delta(t) + \rho \bar{D}_\psi(t)), \quad t \in [0, T], \quad (11)$$

где  $\rho > 0$  – вещественный коэффициент.

Алгоритм определения оценок (10) с использованием ППФ  $W_\delta(p, t)$ ,  $W_\psi(p, t)$  рассмотрен в [10]. В процессе оптимизации необходимо выбрать стабилизирующий регулятор вида (4), для которого критерий (11) достигает наименьшего значения. Общий алгоритм такого выбора ПФ регулятора аналогичен алгоритму, рассмотренному в работах [6–9]. Для выполнения расчетов этот алгоритм был реализован в среде Matlab.

## ПРИМЕР СИНТЕЗА РЕГУЛЯТОРОВ ПО КРИТЕРИЮ МИНИМУМА ОЦЕНОК МГНОВЕННОЙ ДИСПЕРСИИ

Для линеаризованной модели объекта, функционирующего в системе со структурой на рис. 1, используя описанную методику оптимизации при  $T=1$  с. Выполним синтез регулятора гарантированной точности, оптимального по критерию (11) для  $\rho=1500$ . При этом для конкретности будем полагать  $\tau=0,25$  с. ПФ полученного регулятора будет иметь вид

$$C(z) = \frac{17,71z^3 + 32,81z^2 - 48,03z}{z^3 - 0,5484z^2 + 0,124z - 0,00019}. \quad (12)$$

Здесь для удобства вычисления ПФ регулятора приведена в зависимости от переменной  $z=1/\zeta$ .

На рис. 2 и 3 приведены результаты моделирования движения объекта (1) в составе системы со структурой, соответствующей структуре на рис. 1, управляемого регулятором (12), движущимся в условиях воздействия со спектральной плотностью

$$S_M(p) = \frac{29,68}{p^4 + 1,67p^2 + 0,74}, \quad (13)$$

принадлежащего к классу  $M_S$ , заданному совокупностью (5).

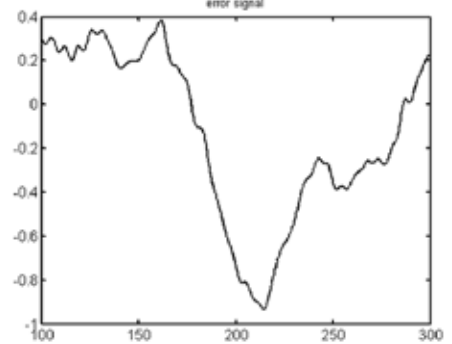


Рис. 2. Изменение угла рысканья (по результатам моделирования)

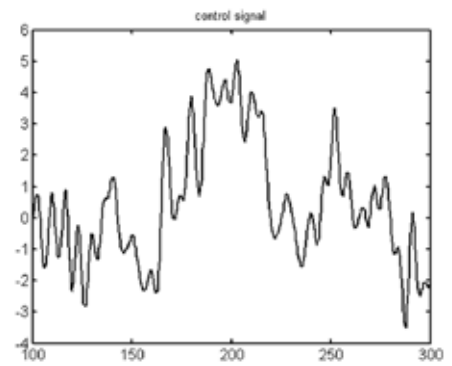


Рис. 3. Изменение угла перекаладки руля (по результатам моделирования)

На этих рисунках показаны зависимости угла перекаладки руля, а также угла рысканья (в градусах) от времени (в секундах). Из рисунков видно, что в системе с регулятором (12) обеспечивается высокое качество стабилизации, что говорит о возможности применения

данного метода для синтеза систем управления движением ПА.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЕ ЗАПАЗДЫВАНИЯ НА ТОЧНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ГАРАНТИРОВАННОЙ ТОЧНОСТИ

Принимая во внимание важность учета вычислительного запаздывания при синтезе систем управления подводными аппаратами, исследуем влияние изменения величины этого запаздывания на результаты, получаемые с использованием предложенной методики синтеза. Для этого выполним синтез регуляторов по предложенной методике, варьируя величину запаздывания на интервале  $\tau = [0, 0.6T]$ . Сначала исследуем влияние величины запаздывания при малом значении весового коэффициента  $\rho$  в (11) (выберем  $\rho = 0,0001$ ), т.е. основной вес при оптимизации будет иметь сигнал  $\psi(t)$ . Зависимость оценок гарантированной точности от запаздывания, получаемая в этом случае, приведена на рис. 4 и 5.

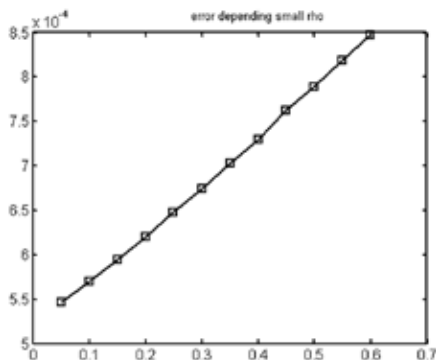


Рис. 4. Оценки гарантированной точности сигнала  $\psi(t)$  при малом значении  $\rho$

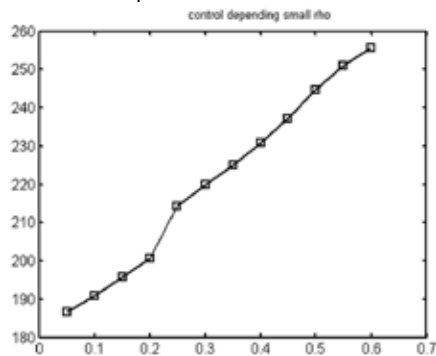


Рис. 5. Оценки гарантированной точности сигнала  $\delta(t)$  при малом значении  $\rho$

Из рисунков видно, что в данном случае с ростом величины запаздывания гарантированная точность монотонно снижается (оценки дисперсий увеличиваются). Это объясняется тем, что управляющий сигнал имеет значи-

тельные величины и процесс управления существенно определяет динамику системы. Поэтому запаздывание значительно влияет на процесс управления.

Теперь выполним аналогичное исследование для больших значений  $\rho$  ( $\rho = 1000$ ), т.е. при оптимизации основной вес будет иметь сигнал  $\delta(t)$ . Зависимость оценок гарантированной точности от запаздывания для этого случая приведена на рис. 6 и 7.

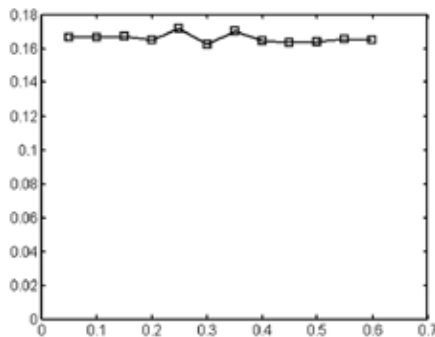


Рис. 6. Оценки гарантированной точности сигнала  $\psi(t)$  при большом значении  $\rho$

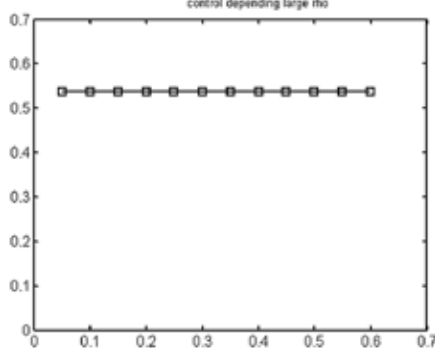


Рис. 7. Оценки гарантированной точности сигнала  $\psi(t)$  при большом значении  $\rho$

Из рисунков видно, что с увеличением запаздывания гарантированная точность практически не изменяется, что обусловлено малым влиянием управляющего сигнала на динамику системы. Практические расчеты показывают, что этот же эффект прослеживается и при промежуточных значениях коэффициента  $\rho$ . Данная закономерность говорит о том, что при проектировании цифровых систем управления ПА для снижения влияния вычислительного запаздывания следует стараться обеспечить по возможности меньшую величину мощности управляющего сигнала.

## ВЫВОДЫ

1. Рассмотрена методика синтеза по критерию минимума оценок мгновенной дисперсии для систем цифрового управления гарантиро-

ванной точности подводными аппаратами с учетом запаздывания.

2. На численном примере, выполненном для конкретного подводного аппарата, показана эффективность использования данной методики.
3. Исследовано влияние вычислительного запаздывания на гарантированную точность управления. Показано, что увеличение веса управляющего сигнала при оптимизации усиливает влияние запаздывания на точность функционирования системы, и наоборот.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Поляков К. Ю., Рыбинский В. О., Синтез оптимальных цифровых регуляторов для управления двойным интегратором. – Мат-лы V Конференции молодых ученых «Навигация и управление движением», СПб., ЦНИИ «Электроприбор», 2003 с. 123–128.
2. Chen T., Francis B. Optimal Sampled-Data Control Systems, Series Springer-Verlag, –Berlin, 1995.
3. Розенwasser Е. Н. Линейная теория цифрового управления в непрерывном времени, –М.: Наука, 1994.
4. Rosenwasser E., Lampe B., Computer-Controlled Systems: Analysis and Design with Process-oriented models. –London: Springer, 2000
5. Небылов А. В. Гарантирование точности управления. –М.: Наука, 1998.
6. Розенwasser Е. Н., Рыбинский В. О. Робастная стабилизация линейных периодических систем. – Мат-лы IV Конференции молодых ученых «Навигация и управление движением», СПб., ЦНИИ «Электроприбор», 2002 с. 188–195.
7. Rybinskii V. O., Rosenwasser E. N. and Lampe B. P.: Digital Control with guaranteed performance under non-centred stochastic disturbances. Proc. 7th IFAC Conference on Manoeuvring and Control of Marine Craft. – Lisbon, Sep. 2006, ThD-3.3/1–6. 5.
8. Розенwasser Е. Н., Рыбинский В. О. Синтез цифровых регуляторов гарантированной точности для систем управления судном по курсу // Вестник СПб ОАИИ. –2004. –Вып. 2.
9. Рыбинский В. О. Оптимизация цифровой системы управления с обобщенным цифроаналоговым преобразователем и запаздыванием для подводного аппарата по критерию гарантированной точности // Морской вестник. – 2012. –Вып. № 1 (9). – С. 87–89
10. Рыбинский В. О., Розенwasser Е. Н. Статистический внутрепериодный анализ импульсных систем с обобщенными экстраполяторами /Академия инженерных наук, –Сб. тр., СПб., 2011.
11. М. Н. Диомидов. Подводные аппараты. Проектирование и конструкция. –Л.: Судостроение, 1987. ■

**В** начале 10-х гг. XXI в. существенно возросло значение Арктики в целом и Северного морского пути (СМП) в частности с точки зрения обороны, геополитики, экономики, экологии, научных и других проблем. Интересы многих стран сталкиваются в Арктике не только по вопросу контроля над недрами региона. В настоящее время отчетливо обостряется другой важнейший международный интерес – контроль за транспортными потоками в Арктическом регионе. Этот интерес определяется изменением климатических условий, приводящим в последние годы к усиленному таянию льдов в Арктике и, как следствие, увеличению сроков надводной навигации.

В сентябре 2012 г. было зафиксировано самое крупное сокращение площади полярных льдов с момента начала спутниковых наблюдений в 1979 г. Ледовый покров уменьшился до площади в 3,4 млн. км<sup>2</sup>, что примерно наполовину меньше средних уровней, зафиксированных в 80-х и 90-х гг. XX в. За последние 30 лет площадь ледового покрова Арктики сокращается со скоростью 13% за десятилетие. При этом согласно данным НАСА семь наименьших с 1979 г. значений площади полярных льдов в сентябре наблюдались в течение последних семи лет [11]. Во многом благодаря этому в навигацию 2012 г. транзитом по СМП в сопровождении российских ледоколов прошло порядка 40 судов – в десять раз больше, чем в 2010 г. Количество судов на арктических трассах ежегодно растет, и в 2013 г. ФГКУ «Администрация Северного морского пути» выдала 635 разрешений на право плавания в акватории СМП, в том числе 53 разрешения на транзитный переход по СМП между Атлантическим и Тихим (или в обратном направлении) океанами. Грузооборот в акватории СМП вырос в 2013 г. до 4 млн. т, в том числе 1,2 млн. т составили транзитные перевозки. С учетом выхода на расчетную мощность завода по производству сжиженного природного газа в порту Сабетта в Обской губе еще до конца нынешнего десятилетия объем грузоперевозок в акватории СМП превысит 20 млн. т.

Таяние льдов открывает для судоходства не только СМП, но и Северо-Западный проход из Атлантического океана в Тихий – морской путь, пролегающий вдоль арктического побережья Северной Америки через Канадский арктический архипелаг. В сентябре 2013 г. 255-метровый балкер усиленного ледового класса «Nordic Otion» датской компании «Nordic Bulk Carriers A/S», нагруженный 73,5 тыс. т угля, совершил исторический транзитный рейс через Северо-Западный проход (СЗП) и море Баффина из Ванкувера (Канада) в Пори (Финляндия) [13] (рис. 1). Рейс осуществлялся под проводкой ледокола Береговой охраны Канады, которая планирует развивать СЗП в качестве альтернативы как Панамскому каналу, так и СМП. Необходимо отметить, что до этого, еще в навигацию 2010 г., компания «Nordic Bulk Carriers A/S» стала первой иностранной компанией, осуществившей перевозку по СМП 41 тыс. т железной руды в своем первом арктическом рейсе из Киркенеса (Норвегия) в Китай. Таким образом, датская компания «Nordic Bulk Carriers A/S» оказалась также первой в мире, чьи балкеры осуществили транзитное плавание между Атлантическим и Тихим океанами и по СМП, и по СЗП.

На рис. 1 отображено еще одно эпохальное событие – переход в августе–сентябре 2013 г. многоцелевого сухогруза усиленного ледового класса «Юншен» («Yong Sheng») водозмещением 19,5 тыс. т китайской государственной компании «COSCO Shipping» из китайского порта Далянь в Роттердам (линия желтого цвета). Прохождение маршрута длиной 15 тыс. км заняло всего 33 дня против 48 дней такого пути через Суэцкий канал, а «Yong Sheng» стал первым в истории

## ГЕОПОЛИТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В АРКТИКЕ И ПРОБЛЕМЫ НАВИГАЦИОННО-ГИДРОГРАФИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ

**А. Ф. Зеньков**, ген. директор,  
**С. В. Решетняк**, д-р техн. наук, советник ген. директора,  
**Н. Н. Неронов**, д-р техн. наук, проф., гл. науч. сотрудник, ОАО «ГНИНГИ»,  
контакт. тел. (812) 322 2113



Рис. 1. Северный морской путь (Россия) и Северо-Западный проход (Канада)

грузовым судном, достигнувшем порта Роттердам транзитом через СМП.

КНР, вторая мировая экономика, имеет серьезные амбиции в Арктике и далеко идущие планы коммерческого использования СМП. Транзитные рейсы планируется осуществлять на регулярной основе, и в соответствии с китайскими долгосрочными прогнозами к 2020 г. по СМП пойдет от 5 до 15% китайского внешнеторгового грузопотока, в основном в виде контейнерных перевозок. При этом, по тем же прогнозам, 10% китайского внешнеторгового оборота будет соответствовать к 2020 г. 526 млрд. евро [4, 10]. В целом, по экспертным оценкам, с увеличением свободных ото льда морских пространств объемы перевозимых по арктическим морским трассам грузов за следующее десятилетие могут вырасти по сравнению с уровнем этого года в 50 раз. Это может самым серьезным образом повлиять на маршруты международных морских перевозок и мировой торговли.

Возрастание роли Арктического региона и перспектива смещения международных транспортных путей в Арктику вынудили военно-политические руководства ряда зарубежных стран активно разрабатывать новые стратегии продвижения своих национальных интересов в арктической зоне. В опубликованной в мае 2013 г. обновленной «Национальной стратегии США для Арктического региона» отмечается, что, «поскольку районы Северного Ледовитого океана становятся более доступными для судоходства, существует растущий интерес к эффективному использованию Северного морского пути и других потенциальных маршрутов, включая Северо-Западный проход, такой же, как и к освоению арктических ресурсов» [14]. Как известно, США во многом сохраняют свое мировое



влияние путем контроля над мировыми экономическими центрами и связывающими их транспортными путями. Понятно, что смещение международных транспортных путей и источников сырья в арктическую зону должно отражаться в усилиях, направленных на установление контроля над ними. Очевидно, что решающей силой для этого являются ВМС США.

В феврале 2014 г. подготовлен обновленный «Арктический план действий ВМС США на период 2014–2030 гг.» («The United States Navy Arctic Roadmap for 2014 to 2030» [12]). В представлении к документу начальник штаба ВМС США адмирал Джонатан У. Гринерт (Jonathan W. Greenert) подчеркивает, что интересы национальной безопасности США как арктического государства распространяются на весь Арктический регион, а обновленная версия плана готовит ВМС США к эффективным ответам на будущие непредвиденные обстоятельства. В обновленном Арктическом плане ВМС США, в частности, отмечено, что впервые после окончания «холодной войны» Арктический регион вновь приобрел большую стратегическую значимость, а также представлены конкретные цели и задачи для различных служб и ведомств ВМС США по комплексным исследованиям изменений в ледовой обстановке, оценке потребностей сил американского флота в спутниковых коммуникациях, разведке и сбору информации в регионе, оценке боеготовности действующих портов, аэродромов и другой инфраструктуры в прилегающей к арктическому театру военных действий зоне. ВМС США, предвидя последствия изменения климата, планирует конкретные задачи по подготовке к более активному участию в арктических операциях на ближайшую (2014–2020 гг.), среднесрочную (2020–2030 гг.) и долгосрочную (после 2030 г.) перспективу. В целом, в обновленном Арктическом плане ВМС США на 2014–2030 гг. представлена новая стратегия по расширению американского военного присутствия в Арктике.

Необходимо особо подчеркнуть, что одним из основных направлений деятельности ВМС США в Арктике является создание средств сбора, анализа и передачи оперативной гидрографической информации для обеспечения деятельности своих ВМС и, в первую очередь, подводного флота. Особое внимание уделяется развитию базы данных о мелководных районах российского сектора Арктики, т.е. фактически всей акватории СМП, созданию мобильных тактических подсистем гидрографического обеспечения, способных в кратчайшие сроки скрытно разворачиваться непосредственно в районах планируемого боевого применения сил. В целом, политика США в Арктике направлена на закрепление доминирующих позиций в этом регионе, получение прямого доступа к СМП и ряду канадских и норвежских полярных районов, а также на сдерживание роста российского влияния в регионе путем воспрепятствования юридическому закреплению за РФ прилегающей территории арктического шельфа [1, 8].

Понятно, что в новых военно-политических условиях Россия намерена твердо отстаивать свои права в Арктике, в том числе, в акватории СМП. В 2011 г. было объявлено о намечаемом строительстве вдоль СМП ряда объектов инфраструктуры для базирования боевых кораблей ВМФ и подразделений пограничной службы [2]. Начиная с навигации 2012 г., стали регулярными ежегодные дальние походы в акваторию СМП отрядов кораблей Северного флота во главе с тяжелым атомным ракетным крейсером (ТАРКР) «Петр Великий», которые осуществляются в рамках «Морской доктрины» государства, предусматривающей возобновление регулярного присутствия ВМФ России в стратегических районах Мирового океана. Министр обороны РФ 6 ноября 2013 г. объявил на селекторном совещании о планах по созданию соединения патрульных кораблей ледового класса для Арктического региона и отметил, что в 2014 г. будут найдены «дополнительные возможности для перемещения грузов и контроля за обстановкой в регионе, включая оказание помощи и поддержки при прохождении судов СМП» [3]. В феврале 2014 г. объявлено о планах создания

в течение 2014 г. Объединенного стратегического командования (ОСК), в состав которого войдут Северный флот, арктические бригады, части ВВС, ПВО и дополнительные органы управления. В задачи ОСК войдет защита интересов России в Арктическом регионе, включая защиту СМП, водных биоресурсов, шельфовых месторождений нефти и газа и обеспечение безопасности на северных российских территориях [5].

С учетом изложенных выше современных международных интересов и военно-политических условий, определяющих необходимость постоянного присутствия кораблей ВМФ России в акватории СМП, включая новые районы, открывающиеся ото льда в навигационный период, по-новому встает вопрос о необходимости развития системы навигационно-гидрографического обеспечения (НГО) в акватории СМП, в первую очередь, в части обеспечения действий боевых кораблей и строительства объектов инфраструктуры для базирования кораблей ВМФ и подразделений пограничной службы России. Для обеспечения действий сил ВМФ и других видов и родов Вооруженных сил РФ на море и над морем необходимо проводить комплекс согласованных по месту, времени и цели мероприятий по НГО и гидрометеорологическому обеспечению (ГМО), предусматривающий учет совокупных данных о рельефе и грунтах дна, параметрах квазистационарных полей (гравиметрического, магнитного, электрического), физических полей течений, ледового покрова, состояния атмосферы и других данных региона СМП, и обеспечению штабов и сил соответствующей информацией в интересах повышения боевой эффективности действий сил флота, применения оружия и использования технических средств ВМФ, а также навигационной безопасности плавания.

Рассмотрим действующую систему НГО мореплавания в акватории СМП с точки зрения ее готовности к выполнению вышеуказанных мероприятий. Прежде всего следует отметить, что после 1992 г. по различным причинам, главным образом финансово-экономического характера, комплексная система НГО СМП претерпела серьезные негативные изменения и в настоящее время находится в неудовлетворительном состоянии [6]. Недостатки действующей системы НГО акватории СМП отмечены в «Стратегии развития Арктической зоны РФ и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года», утвержденной Президентом РФ 20 февраля 2013 г. в качестве одной из угроз для развития российской Арктики.

Уникальный и крупнейший в мире арктический гидрографический флот, являющийся основой системы НГО СМП, используется неэффективно. В работах по НГО в арктических морях задействуется в последние годы лишь три-четыре гидрографических судна, т.е. малая часть специализированного гидрографического флота усиленного ледового класса, насчитывающего в настоящее время 11 судов. К числу основных направлений комплексной системы НГО мореплавания в акватории СМП, осуществляемой в настоящее время, относятся [9]:

- гидрографическое изучение подводного рельефа арктических морей и устьевых участков сибирских рек с морским режимом судоходства в целях издания и корректуры навигационных морских карт, руководств и пособий для плавания;
- обеспечение мореплавания в акватории СМП средствами навигационного оборудования, включая дифференциальную подсистему глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) «ГЛОНАСС/GPS».

- информирование мореплавателей об изменениях навигационной обстановки в районах НАВАРЕА XX и XXI, включающих акваторию СМП;

Это не соответствует в значительной степени основным свойствам системы НГТМО, таким, как глобальность, заблаговременность, инвариантность к видам обеспечения, функционирование в мирное и военное время, своевременность обеспечения.

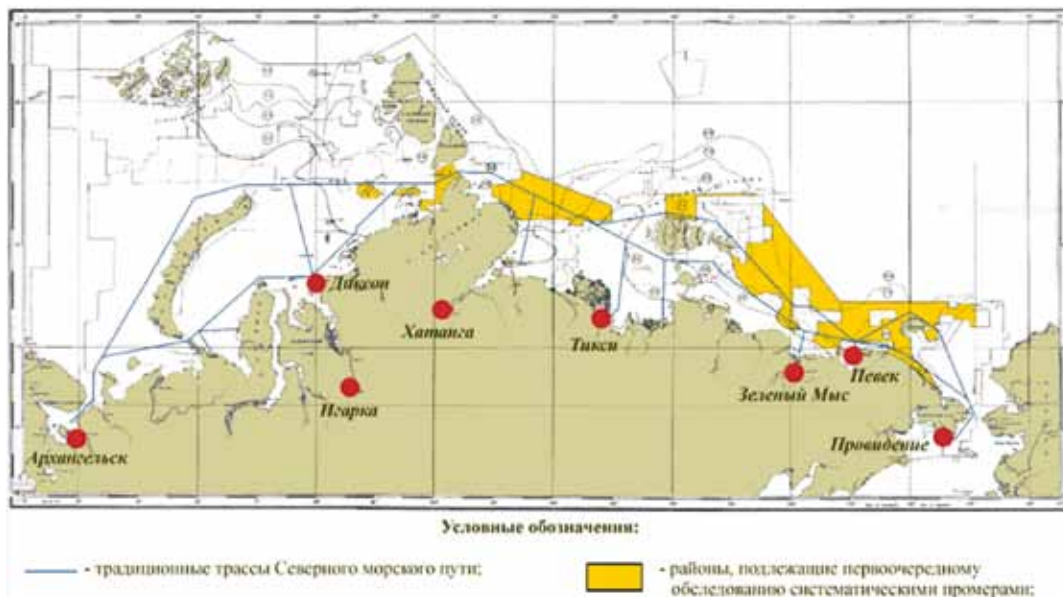


Рис. 2. Районы акватории Северного морского пути, подлежащие первоочередному обследованию

1. Систематические гидрографические исследования рельефа дна в арктических морях не выполнялись с 1992 по 2010 г. Съёмка параметров других полей, необходимых для обеспечения действий ВМФ, в рамках действующей системы НГО в регионе СМП вовсе не выполняется.

В навигацию 2011 г. систематический промер был возобновлен, но выполняются только работы по площадной съёмке рельефа дна на участках южной из двух так называемых высокоширотных трасс. При этом объем выполненных работ незначителен и составил за 2011–2013 гг. лишь 51 тыс. лин. км съёмки или 17 тыс. лин. км в среднем за одну навигацию. Такого объема явно недостаточно для решения задач НГО всех видов морской деятельности, включая действия ВМФ, в арктических морях. (Для сравнения: среднегодовой объем промерных работ в акватории СМП в 1965–1984 гг. составлял 147 тыс. лин. км и в 1985–1992 гг. – 127 тыс. лин. км. в год за одну навигацию. Даже в тяжелейший период 1933–1952 гг., включавший Великую Отечественную войну, среднегодовой объем промерных работ составлял 21,5 тыс. лин. км за навигацию). При этом вопреки хорошей гидрографической практике и, более того, совсем не по-государственному с экономической точки зрения, съёмка в крайне малых объемах выполняется в период, как указано выше, наиболее благоприятных в ледовом отношении навигаций, когда объемы промера следовало бы максимально наращивать.

Более того, обработанные материалы гидрографических работ на высокоширотной трассе в 2011–2013 гг. не были переданы для картосоставления в «280-е Центральное картографическое производство ВМФ» (которое определено в качестве головного федерального государственного учреждения по картографическому обеспечению морской деятельности «Планом мероприятий по реализации Концепции развития отрасли геодезии и картографии до 2020 года»). В результате нарушена действовавшая почти восемь десятилетий отлаженная схема взаимовыгодного межведомственного сотрудничества гражданской арктической гидрографии (в настоящее время работы по НГО СМП выполняет ФГУП «Гидрографическое предприятие», подведомственное Федеральному агентству морского и речного транспорта, ответственному за НГО СМП в соответствии с действующим законодательством) и Гидрографической службы ВМФ, что приводит к невозможности использования материалов новых, выполненных в акватории СМП работ для обновления действующих и создания новых российских навигационных морских карт и для обеспечения деятельности кораблей ВМФ.

Основные районы арктических морей в акватории СМП, подлежащие первоочередному обследованию в интересах различных направлений морской деятельности, приведены на рис. 2 [7]. Расчетный объем первоочередных работ – более 1 млн. лин. км систематического промера и порядка 200 тыс. лин. км площадной съёмки рельефа дна.

2. В акватории СМП в последние годы нарушаются требования Правила 13 Гл. V Конвенции СОЛАС, требующей от прибрежного государства установки средств навигационного оборудования (СНО) в его прибрежных водах и обеспечения их бесперебойной работы с установленными характеристиками. Вдоль трасс СМП в соответствии с действующими нормативными документами в настоящее время должны действовать 1552 объекта СНО. Фактически в навигацию 2013 г. была обеспечена работа по регламенту только 302 объектов СНО (в 2011 г. – 290 объектов СНО, в 2012 г. – 302 объекта СНО), т.е. менее 20% от общего количества СНО, которые должны действовать в акватории СМП с установленными характеристиками.

При этом состав системы СНО не соответствует требованиям решения задач обороны страны и деятельности ВМФ. Так, при угрозе возникновения потенциального конфликта и в период военного времени, когда могут стать недоступными сигналы ГНСС ГЛОНАСС и GPS (из-за выхода из строя, выключения ГНСС или установки помех), определение точного местоположения судами и кораблями ВМФ может стать затруднительным из-за отсутствия в акватории СМП резервных радионавигационных систем (РНС). РНС «МАРС-75» и РНС «БРАС», ранее обеспечивавшие определение местоположения торговых судов, ледоколов и кораблей ВМФ в акватории СМП независимо от ГНСС, еще в 90-гг. XX в. были выведены из эксплуатации и полностью демонтированы.

3. Информирование мореплавателей об изменениях навигационной обстановки и режима плавания осуществляется в целях выполнения международных обязательств РФ в рамках функционирования Глобальной морской системы связи при бедствии и для обеспечения безопасности. Функции национального координатора по сбору, подготовке и передаче информации по безопасности мореплавания (ИБМ) на арктические моря России, начиная с 2000 г., возложены на ФГУП «Гидрографическое предприятие».

В настоящее время информация по безопасности мореплавания (ИБМ) передается с использованием сети «SafetyNET» системы «ИНМАРСАТ» на английском языке в соответствии с требованиями Международной морской организации и включает навигационные предупреждения, гидрометеороло-

гическую и ледовую информацию, штормовые предупреждения и данные по обледенению судов. Дополнительно ИБМ на русском языке передается морским администрациям РФ, а также заинтересованным организациям Минобороны России с использованием технических каналов Минсвязи России. Долгосрочная информация передается в Управление навигации и океанографии Минобороны России для издания в Извещениях мореплавателям.

Система распространения должна обеспечивать передачу ИБМ в границах арктических районов НАВАРЕА/МЕТАРЕА XX и XXI, которые относятся к зоне ответственности России (пять новых арктических районов XXVII-XXI были утверждены Международной морской организацией в 2007 г. для передачи ИБМ в Северном Ледовитом океане), включая всю акваторию СМП. Однако значительные участки районов НАВАРЕА XX и XXI и акватории СМП к северу от параллели 80°, а также северные районы Карского моря и большая часть моря Лаптевых в настоящее время не охвачены передачами ИБМ, которые осуществляются по сети «SafetyNET» системы «ИНМАРСАТ» через два спутника «ИНМАРСАТ» (районы Индийского и Тихого океанов). Как следствие, доступность для потребителей ИБМ ограничена зоной действия этих спутников и станции «НАВТЕКС» в порту Тикси (рис. 3).

Система распространения ИБМ в последние десять лет практически не развивалась. Система передачи ИБМ в коротковолновом диапазоне на участки акватории СМП вне зоны действия системы «ИНМАРСАТ» не создана, а вдоль всей акватории СМП вместо планировавшейся (в том числе, и в качестве резервной отечественной системы передачи ИБМ) сети станций «НАВТЕКС» развернута в 2003 г. лишь одна станция «НАВТЕКС» в порту Тикси. В современной конфигурации система распространения ИБМ не соответствует требованиям решения задач обороны страны и деятельности ВМФ, прежде всего потому, что не подготовлена для передачи закрытой информации. Более того, при угрозе возникновения конфликта и в период военного времени функционирование системы «ИНМАРСАТ», управляемой международной акционерной компанией «Inmarsat Ventures Ltd.» с головным офисом в Лондоне, может быть приостановлено или прекращено.

В целом, с учетом вышеизложенного, можно сделать вывод, что действующая система НГО СМП, используемая для обеспечения безопасности торгового мореплавания, абсолютно не ориентирована на решение задач НГО и ГМО ВМФ и других видов и родов Вооруженных сил РФ на море и над морем.

Современные геополитические условия, новые международные вызовы и интересы, милитаризация Арктики, осуществляемая США и другими приарктическими странами – членами НАТО, а также вышеизложенные проблемы действующей системы НГО мореплавания в акватории СМП требуют принятия безотлагательных мер по реформированию и модернизации системы НГО СМП. Основной вектор развития системы должен быть скорректирован, а ее модернизация должна обеспечить создание универсальной системы НГО, ориентированной на обеспечение всех функциональных направлений морской деятельности в акватории СМП, включая решение задач обороны и безопасности страны и деятельности ВМФ. Учитывая сложность и масштабность задач, охватывающих акваторию и побережье пяти арктических морей и удаленные арктические острова России, проблему необходимо решать программными методами.

В целях создания в Арктике действенной системы НГО морской деятельности двойного назначения, направленной на решение задач обороны и экономики страны и функционирующей как в мирное, так и в военное время, специалисты ОАО «ГНИНГИ» предлагают разработать Концепцию и Программу развития НГО Арктической зоны РФ на основе инновационной стратегии «е-Навигация», формирование



Рис. 3. Арктические районы НАВАРЕА/МЕТАРЕА XX и XXI Показаны: граница зоны действия спутника Индийского океана (фиолетовой линией), граница зоны действия спутника Тихого океана (зеленой линией), граница зоны действия станции «НАВТЕКС» в порту Тикси (голубой окружностью)

которой под руководством Международной морской организации должно быть завершено в 2014 г. В эти документы должны войти органичной составной частью и Проект развития НГО СМП, и Проект развития подсистемы НГО портов и пунктов базирования кораблей ВМФ в акватории СМП. ОАО «ГНИНГИ», располагающий необходимым потенциалом и высококвалифицированными научными кадрами, включая 19 докторов и 27 кандидатов наук, готов участвовать в разработке предлагаемых документов в качестве головного исполнителя.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Апанасенко, В.М. Новая мировая война может начаться в Арктике // Независимая газета (интернет-издание). – 2012. – 23 ноября. [http://nvo.ng.ru/gpolit/2012-11-23/1\\_artic.html](http://nvo.ng.ru/gpolit/2012-11-23/1_artic.html), 10 с.
2. Еленский О. Борьба за богатства Арктики еще впереди // Независимая газета (интернет-издание). 2012. – 09 ноября. [http://nvo.ng.ru/concepts/2012-11-09/9\\_artic.html?insidedoc](http://nvo.ng.ru/concepts/2012-11-09/9_artic.html?insidedoc), 4 с.
3. Заремба С. Минобороны РФ создаст соединение патрульных кораблей ледового класса // ИА Оружие России. – 2013. – 7 ноября. <http://www.arms-expro.ru/049057054050124051051055056051.html>, 1 с.
4. Куликов С. Китай рвется в полярные владения России // Независимая газета (интернет-издание). – 2013. – 19 марта. [http://www.ng.ru/economics/2013-03-19/1\\_china.html](http://www.ng.ru/economics/2013-03-19/1_china.html). – 2 с.
5. Михайлов А. В русской Арктике создадут Объединенное стратегическое командование // Российская газета (интернет-издание). – 2014. – 17 февраля. <http://www.rg.ru/2014/02/17/reg-szfo/flot-anons.html>, 1 с.
6. Решетняк С.В. Современное состояние, проблемы и направления развития НГО СМП. Перспективы стратегии электронной навигации – Сб. тез. докл. на Международ. науч.-практич. конфер. «75 лет с начала планомерного изучения и развития Севморпути». – СПб.: ГНЦ РФ ААНИИ, 21–22 февраля 2008. – С.85–89.
7. Решетняк С.В. Гидрографическая изученность подводного рельефа арктических морей России // Геодезия и картография. – 2006. – № 4. – С. 57–61.
8. Федосеев А. Доктринальные взгляды США и Канады на освоение Арктики // Зарубежное военное обозрение. – 2013. – № 6. – С. 3–9.
9. Цветков А.С. Навигационно-гидрографическое обеспечение судоходства в Арктике. – Докл. на Международ. конфер. «Северный морской путь: состояние, проблемы, перспективы», СПб., 11–12 апреля 2013, 9 с.
10. Jakobson L. China prepares for an ice-free Arctic. SIPRI Insights on Peace and Security no. 2010/2. <https://docs.google.com/viewer?docx=1&url=http://books.sipri.org/files/insight/SIPRI-Insight1002.pdf>. – 15 с.
11. Vinas Maria-Jose. NSIDC, NASA Say Arctic Melt Season Lengthening, Ocean Rapidly Warming. – Интернет-портал Space Daily, 1 апреля 2014. [http://www.spacedaily.com/reports/NSIDC\\_NASA\\_Say\\_Arctic\\_Melt\\_Season\\_Lengthening\\_Ocean\\_Rapidly\\_Warming\\_999.html](http://www.spacedaily.com/reports/NSIDC_NASA_Say_Arctic_Melt_Season_Lengthening_Ocean_Rapidly_Warming_999.html). p. 1.
12. The United States Navy Arctic Roadmap for 2014 to 2030. February 2014. [http://www.navy.mil/navydata/documents/USN\\_arctic\\_roadmap.pdf](http://www.navy.mil/navydata/documents/USN_arctic_roadmap.pdf). – 43 с.
13. Wendy Stueck. Danish firm seeks to be first to bring bulk carrier through Northwest Passage, 19 сентября 2013. <http://www.theglobeandmail.com/report-on-business/international-business/european-business/bulk-carrier-capitalizes-on-arctic-shortcut/article14405743/p1>.
14. White House. National Strategy for the Arctic Region, May 10, 2013. [http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/docs/nat\\_arctic\\_strategy.pdf](http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/docs/nat_arctic_strategy.pdf) HYPERLINK «[http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/docs/nat\\_arctic\\_strategy.pdf%20%20-%20c.%205](http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/docs/nat_arctic_strategy.pdf%20%20-%20c.%205)» - HYPERLINK «[http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/docs/nat\\_arctic\\_strategy.pdf%20%20-%20c.%205](http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/docs/nat_arctic_strategy.pdf%20%20-%20c.%205)» CHYPERLINK «[http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/docs/nat\\_arctic\\_strategy.pdf%20%20-%20c.%205](http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/docs/nat_arctic_strategy.pdf%20%20-%20c.%205)». 5. ■

Рассмотрим движение беспилотного летательного аппарата (БПЛА) в продольной плоскости на участках снижения и конечного наведения, обеспечивающее приведение аппарата к захватываемому устройству движущегося судна [1, 2]. Погрешности стыковки с посадочным устройством судна в вертикальной плоскости (так называемая вертикальная составляющая промаха) представляются наиболее важными для рассмотрения, так как к ним предъявляются наиболее строгие требования по точности приведения.

Для выбора закона управления и его параметров летательный аппарат и судно рассматриваются как две материальные точки.

Схематически относительное положение судна и БПЛА показано на рис. 1.

Поведение таких объектов при наведении на конечном участке описывается системой вида

$$\begin{cases} \dot{\theta} = f(r, V_{ц}, \varepsilon_{ц}); \\ \dot{x} = V \cdot \cos(\theta); \\ \dot{y} = V \cdot \sin(\theta); \\ \dot{x}_{ц} = V_{ц} \cdot \cos(\theta_{ц}); \\ \dot{y}_{ц} = V_{ц} \cdot \sin(\theta_{ц}). \end{cases}$$

где  $r = \sqrt{(x - x_{ц})^2 + (y - y_{ц})^2}$ ;

$\varepsilon_{ц} = \arctan\left(\frac{y_{ц} - y}{x_{ц} - x}\right)$ ;

$f$  – выбранный закон наведения.

В качестве метода приведения на конечном участке траектории выбран метод погони [3], который исключает использование прогнозных значений относительного положения системы «судно–БПЛА» и ориентирует вектор скорости летательного аппарата согласно направлению вектора скорости движущегося судна, что обеспечивает наличие небольшого участка горизонтального полета, способствующего более плавной стыковке с посадочным устройством.

При моделировании рассматривалось движение в продольной плос-

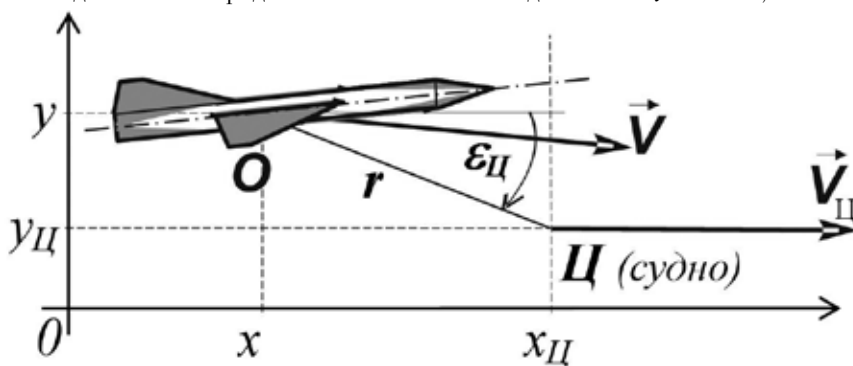


Рис. 1. Схема относительного расположения судна и БПЛА

## ОЦЕНКА ПРОМАХА ПРИВЕДЕНИЯ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА К ЗАХВАТНОМУ УСТРОЙСТВУ ДВИЖУЩЕГОСЯ СУДНА

**А. А. Александров**, канд. техн. наук,

и.о. нач. НИЛ ОАО «Концерн «Гранит-Электрон»,

**А. А. Дергачев**, д-р техн. наук, проф., ген. конструктор,

1-й зам. ген. директора ВПК НПО «Машиностроение»,

**В. В. Морозов**, зам. директора НПК ОАО «Концерн «Гранит-Электрон»,

контакт. тел. (812) 578 98 96

кости – направления движения судна и летательного аппарата полагались одинаковыми. Такой характер движения позволяет сократить значение относительной скорости «судно–БПЛА». При моделировании варьировались относительные скорости движения, находящиеся в диапазоне [10; 20] м/с. Эти значения соответствуют скоростным характеристикам БПЛА типа «Орлан» и ему подобным.

Траектория движения БПЛА идет по профилю движения, близкому к классической самолетной глиссаде [4]. В нашем случае траекторию можно разбить на следующие основные этапы:

1) выход на продольную ось посадки (сонаправленную с вектором скорости корабля и отстоящую от его центра масс на расстояние, соответствующее заданной точке на захватываемом устройстве);

2) снижение по глиссаде (реализуется методом параллельного сближения в условную прогнозируемую точку встречи без задания допусков на погрешность расчета) с углом наклона порядка 3°;

3) выравнивание (достигается путем реализации метода погони [3] – для «выполаживания» траектории и горизонтального подхода БПЛА к захватываемому устройству). Переход к участку наведения методом погони происходит при условии снижения БПЛА до высоты  $y \approx 15$  м;

4) парирование сноса и микропрорывов (реализуются как дополнительные сигналы управления при наведении методом погони);

5) зацепление (сцепление с посадочным устройством);

6) движение с тормозным устройством.

Выбор параметров закона управления осуществляется при математическом моделировании, реализующем управление БПЛА в соответствии с п. 2–3.

Так как и судно и БПЛА считаются «дружественными» друг другу, то при моделировании движения судна на невзволнованной морской поверхности основными причинами затруднения определения относительного положения «судно–БПЛА» являются инерционные свойства сигналов (запаздывания, низкая добротность следящей системы и пр.). При моделировании это имитировалось путем пропускания угловых характеристик сопровождения, определяющих положение цели, через инерционные звенья первого и второго порядка. В качестве параметра, характеризующего свойства динамического звена, принимается параметр – коэффициент  $K_a$  добротности контура сопровождения точки прицеливания на посадочном устройстве, включающий в себя в том числе инерционность движения этой точки и БПЛА. Последовательное рассмотрение двух апериодических звеньев позволяет увидеть характер смещения допустимого минимального значения параметра  $K_a$ , а также учесть при рассмотрении звена второго порядка временные задержки, возникающие, к примеру, в канале передачи данных.

В качестве начальных условий моделирования принимались следующие:

– начальная скорость движения БПЛА  $V(t_0) \approx 25$  м/с;

– начальная скорость движения захватываемого устройства судна (судна, цели)  $V_{ц}(t_0) \approx [5; 15]$  м/с;

– высота расположения целевой точки захватываемого устройства (от-

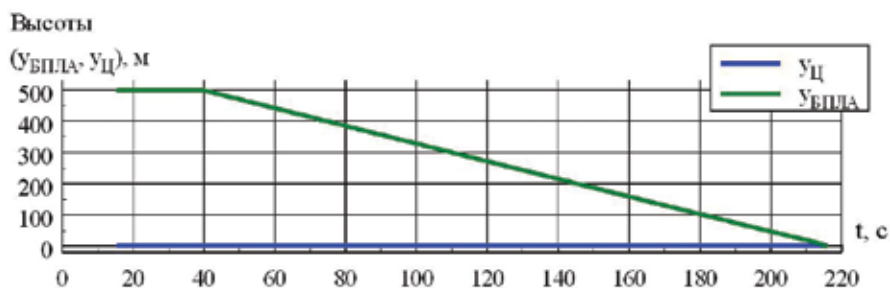


Рис. 2. Пример построения типовой траектории движения БПЛА в зависимости от времени

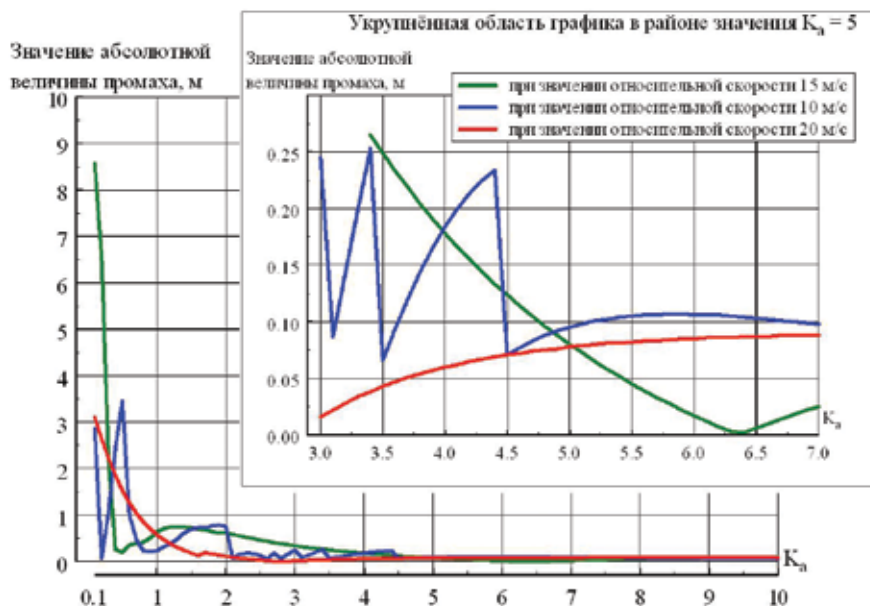


Рис. 3. Зависимости величины конечного промаха от значения параметра  $K_a$  при пропуски угловых характеристик сопровождения через инерционное звено первого порядка

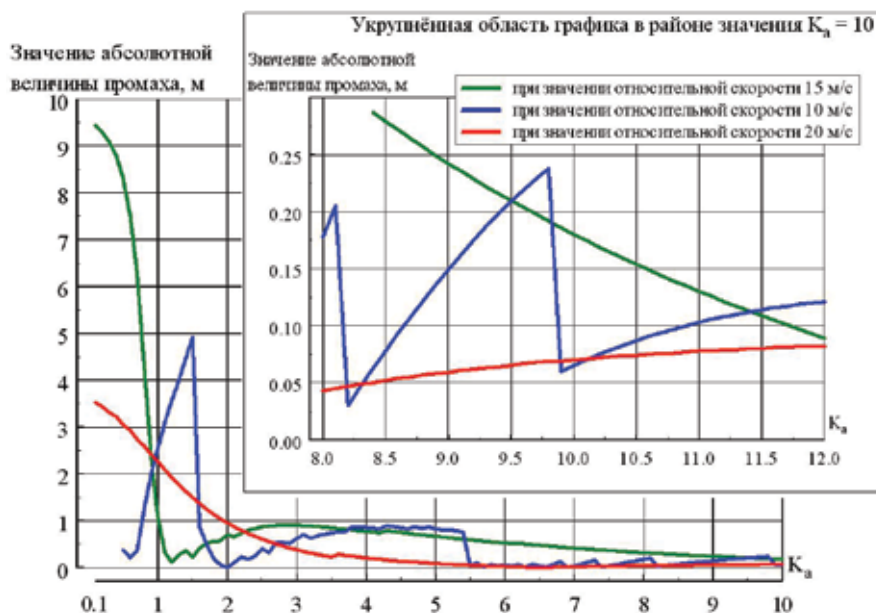


Рис. 4. Зависимости величины конечного промаха от значения параметра  $K_a$  при пропуски угловых характеристик сопровождения через инерционное звено второго порядка

носителем невзволнованной морской поверхности)  $У_{Ц0} \approx 2$  м;  
– начальная высота движения БПЛА  $У_0 \approx 500$  м;

– начальный угол наклона траектории БПЛА обеспечивает движение на горизонтальной «полке» (при выходе на продольную ось стыковки)  $\theta(t_0) = 0$  град.

Пример типовой траектории движения БПЛА представлен на рис. 2.

При моделировании сигналы пропускались сначала через звено первого порядка. При этом значения коэффициента  $K_a$  варьировались в диапазоне  $K_a \in [0.1; 10]$  с шагом 0,1. Полученные значения вертикальной составляющей конечного промаха приведены на рис. 3.

Минимальное значение добротности контура сопровождения в сочетании с инерционными характеристиками движения целевой точки на штанге корабля и инерционными характеристиками БПЛА должно находиться в районе значения  $K_a = 5$ . Промах в таком случае не будет превышать значения, равного 10 см, укладываемого в допустимый диапазон  $\pm 0,1$  м. При невозможности достижения такого значения параметра  $K_a$  следует скорректировать параметрические характеристики закона управления (наведения) или значения, определяющие начальные условия подключения конечного этапа закона наведения.

При последующем моделировании сигналы пропускались через звено второго порядка. При этом значения коэффициента  $K_a$  варьировались в диапазоне  $K_a \in [0.1; 10]$  с шагом 0,1. Затем при анализе результатов моделирования набор значений был исследован в диапазоне  $K_a \in [10; 12]$ . Полученные результаты приведены на рис. 4.

При моделировании результатов работы системы с привлечением инерционного звена второго порядка минимальное значение добротности контура сопровождения сместилось в район значения  $K_a = 11-12$ , что показывает необходимость ужесточения требований к частотному каналу «судно-БПЛА» и минимизации временных запаздываний в устройствах-измерителях и канале передачи данных.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Подоплекин Ю. Ф., Толмачев С. Г., Шаров С. Н. Информационно-управляющая система приведения БПЛА на движущееся судно//Информационно-управляющие системы. – 2012. – № 3. – С. 22–28.
2. Шаров С. Н., Толмачев С. Г., Соловьева В. В. Оценка колебаний посадочного устройства беспилотного летательного аппарата в условиях качки судна//Морской вестник. – 2013. – № 3 (47). – С. 107–111.
3. Лебедев А. А., Чернобровкин Л. С. Динамика полета беспилотных летательных аппаратов. – М.: Машиностроение, 1973. – 616 с.
4. Гуськов Ю. П., Загайнов Г. И. Управление полетом самолетов: Учеб. пособие для студентов вузов. – М.: Машиностроение, 1991. – 272 с. ■

При реализации стратегических планов развития морской деятельности, в том числе в Арктике [1], приходится учитывать существующие риски, связанные с вероятностью крупных аварий и катастроф на морских объектах и транспортных системах, а также возможность ущерба, возникающего при этом. Аварии и катастрофы на море всегда имеют широкий общественный резонанс и болезненно воспринимаются всеми слоями населения, что отрицательно сказывается на престиже страны. При этом аварии, несмотря на использование все более совершенных технико-технологических решений, продолжают возникать и приводят к гибели людей, экологическому и экономическому ущербу.

Исходя из этого, а также в силу особого характера среды, необходимым условием реализации задач долгосрочного социально-экономического развития в области морской деятельности в Арктике является обеспечение безопасности морского и водного транспорта, объектов обустройства морских нефтегазовых месторождений, других объектов ведения морской деятельности.

Следует отметить, что существующие индивидуальные и коллективные средства спасения, которыми оснащены суда и морские инженерные сооружения, не в полной мере соответствуют условиям спасания в Арктической зоне РФ.

Анализ опыта поисково-спасательных операций показывает, что наиболее эффективными средствами спасания силами аварийно-спасательного обеспечения (АСО) для персонала и экипажа арктических платформ являются спасательное судно ледокольного класса, оборудованное в соответствии с требованиями ММО (Международной морской организации) и вертолеты.

Использование вертолетов ограничено радиусом (до 700 км) их действия и гидрометеобстановкой в районе аварии.

По мнению специалистов [2], для решения проблем самостоятельной эвакуации персонала и экипажа аварийного судна в ледовых условиях необходимо отказаться от «плоской» схемы спасения. Решение необходимо искать в трехмерном пространстве. Другими словами, эвакуацию персонала и экипажа необходимо выполнять воздушным путем. Такой способ эвакуации сразу снимет проблему ледового сопротивления.

Использование силами АСО перспективных авиационных средств позволит учесть недостатки вертолетов и повысить эффективность спасательной операции.

Достижению этой цели, в первую очередь силами АСО, соответствуют разработки специалистов Ассоциации

## О СОЗДАНИИ КОЛЛЕКТИВНЫХ СПАСАТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ЭВАКУАЦИИ ЭКИПАЖА И ПЕРСОНАЛА СУДОВ И МОРСКИХ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ В АРКТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

**Ю. Г. Вараков**, директор Ассоциации разработчиков, производителей и потребителей экранопланов,  
**В. Н. Илюхин**, д-р техн. наук, проф., председатель НО «АРПСТТ»,  
контакт. тел. 8 (499) 245 4120, (812) 927 8501

разработчиков, производителей и потребителей экранопланов «Экраноплан».

За основу может быть взяты экраноплан «Орион 20 АС» и его модификации.

вают необходимость модернизации существующих и создания новых средств спасания и эвакуации персонала и экипажа, как индивидуальных (гидрокос-



### ЭКРАНОПЛАН «Орион-20АС»

Модификация – аварийно-спасательное судно

Предназначено для обеспечения своевременного выхода поисково-спасательных сил, оснащенных специальным снаряжением, в район проведения поисково-спасательных (аварийно-спасательных) работ в прибрежных акваториях и на внутренних водоемах.



Опыт и методики выполнения ПСР учтены в конструкции



Комплект оборудования судна обеспечит проведение аварийно-спасательных работ по спасению людей с водной поверхности, а также выполнение первоочередных подводно-технических работ с привлечением водолазов-спасателей и может включать:

- спасательные плоты Р/Н 91/121КП (2 шт.),
- Р/Н 135КП (2 шт.), Р/Н 63800-105 (3 шт.),
- спасательные жилеты надувного типа (100 шт.),
- летководолазное снаряжение (2 компл.),
- костюмы гидроизолирующие сухого типа (4 шт.),
- средства теплосберегающие (100 шт.),
- сидения для пострадавших (6 шт.),
- сидения для спасателей (2 шт.),
- индивидуальные средства связи (2 шт.),
- GPS-приемники (2 шт.),

а также роботизированные комплексы для подводных работ.

Создание и внедрение экранопланов для решения комплекса задач обеспечения безопасности освоения Арктического шельфа будет соответствовать плану мероприятий по реализации Стратегии развития Арктической зоны РФ и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 г., утвержденного Председателем Правительства РФ 16.10.2013 г., в котором предусмотрена разработка новых и модернизация существующих образцов специальной техники, разработка и внедрение современных транспортных средств, адаптированных к использованию в арктических условиях.

### ВЫВОДЫ

1. В существующих программах создания сил и средств для освоения Арктики недостаточно комплексно учтены вопросы развития средств эвакуации и спасания персонала соответствующих морских объектов. Вместе с тем особенности спасания в Арктике обуславли-

туют, спасательные жилеты и др.), так и коллективных (шлюпки, плоты и др.).

Целесообразно разработать дополнительные к существующим государственным программам в части создания и модернизации средств спасания в Арктике.

2. На основании изложенных выше основных особенностей выполнения поисково-спасательных работ в северных широтах целесообразно более детально рассмотреть вопрос применения экранопланов для решения задач спасания персонала и экипажа судов и морских инженерных сооружений в Арктике.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу. – Утверждены Президентом Российской Федерации 18.09.2008 г.
2. Сазонов К.Е. Спасательные средства для ледовых условий: состояние вопроса и возможные пути решения // Арктика. Экология и экономика. – 2013. – №4(12). – С.32–39. ■



## ВРУЧЕНИЕ ДИПЛОМА ПОЧЕТНОГО ДОКТОРА Ш. Г. АЛИЕВУ

*А. Г. Филимонов, д-р техн. наук, проф., проректор по науч. работе СПбГМТУ,  
контакт. тел. (812) 714 6839*

**13** марта 2014 г. состоялось заседание Ученого совета СПбГМТУ, на котором Ш.Г. Алиеву был вручен диплом Почетного доктора университета.

Судьбу Шамиля Гимбатовича во многом определила Корабелка. В 1933 г. в дагестанском селе Тануси Хунзахского района, за 10 лет до рождения Шамиля Алиева, в Ленинградском военно-механическом институте (Военмехе) открылся факультет морского оружия (ФМО, или «М»), который первым в отечественной истории начал готовить гражданских инженеров-конструкторов и инженеров-технологов торпедного оружия (кафедра 30) и минно-трального оружия (кафедра 40).

В 1945 г. ФМО был переведен в Ленинградский кораблестроительный институт (ЛКИ) и вскоре стал называться конструкторским.

Шамиль Алиев стал в 1960 г. студентом, а в 1967 г. — выпускником кафедры 30 этого факультета, называвшемся тогда уже приборостроительным (ныне — факультет морского приборостроения СПбГМТУ).

Торпедному оружию и торпедостроительной промышленности Шамиль Алиев посвятил более 50 лет. На «Дагдизеле» начал еще в 1960 г. трудовую деятельность токарем после окончания школы, а после окончания Корабелки

последовательно занимал должности инженера-конструктора, старшего инженера, начальника расчетно-вычислительного отдела, главного инженера Особого конструкторского бюро (ОКБ) по научной работе. В настоящее время занимает на заводе должность генерального конструктора систем автоматизированного проектирования (САПР).

Не разрывая связей с альма-матер, Шамиль Алиев окончил аспирантуру при ЛКИ, в 1975 г. стал кандидатом технических наук, в 1983 — доктором технических наук по специальности «Военная техника и вооружения ВМФ».

Деятельность Шамиля Гимбатовича отмечена многочисленными званиями и наградами: он — заслуженный деятель науки и техники России, лауреат золотых медалей Келдыша, Циолковского и Бармина, лауреат Государственной премии российского Комитета оборонных отраслей промышленности.

В настоящее время он — Советник Председателя Правительства Республики Дагестан по науке и военно-промышленному комплексу (ВПК), руководитель Центра прикладных технологий при Министерстве экономики Республики Дагестан, избран в Российский национальный комитет по теоретической и прикладной механике.

Как один из ведущих российских разработчиков торпедного и ракетного оружия, космических технологий Шамиль Гимбатович на последних крупнейших международных выставках оружия позиционируется в качестве идеолога и конструктора надводного и

подводного оружия аэрокосмического комплекса России и разработчика торпедного оружия.

Несмотря на то, что создателем первого проекта торпеды (1865 г.) является наш соотечественник И.Ф. Александровский, сейчас Россия не является законодателем моды в торпедостроении, и отставание от ведущих морских держав в этой области морского подводного оружия увеличивается.



Потому таким своевременным стало принятое в июне 2013 г. на государственном уровне по инициативе Ш.Г. Алиева и при поддержке спикера СФ В.И. Матвиенко и вице-премьера по Военно-промышленному комплексу Д.О. Рогозина решение о создании Научного совета по торпедному оружию.

Шамиль Гимбатович назначен председателем этого совета. Уже на 2014 г. запланирован первый фундаментальный конгресс по торпедостроению.

Шамиль Алиев не только оказал влияние на ход развития отечественного торпедного оружия, но и стал широко известен в области гуманитарно-просветительской деятельности. ■



**Б**ыстрое развитие российского торгового флота в начале XX в. предопределило ряд мероприятий по укреплению функций органов технического надзора. В конце XIX – начале XX вв. надзорную деятельность осуществляли технические бюро Комитетов инспекторов страховых обществ, находившихся в Петербурге и Рыбинске – конечных пунктах Мариинской водной системы. Датой основания первого в России классификационного общества принято считать 31 декабря 1913 г., когда Министерством торговли и промышленности по согласованию с Министерством путей сообщения был утвержден Устав Общества для классификации морских, речных и озерных судов «Русский Регистр».

В компетенцию Общества входили разработка нормативных требований, рассмотрение и утверждение проектов строящихся и ремонтирующихся судов, техническое наблюдение за постройкой, ремонтом и эксплуатацией судов, консультация работников заводов, проектных организаций и пароходств, а также участие в расследовании аварий судов и учет технического состояния флота. Очевидно, что при таком широком спектре задач главным условием успешной деятельности должен быть авторитет организации по тому кругу сложных вопросов, по которым необходимо принимать технически и научно обоснованные решения.

Важнейшим структурным подразделением Регистра стал Технический совет. В его состав вошли видные ученые и известные специалисты в области проектирования, строительства и эксплуатации судов. Теперь каждое российское судно с момента его проектирования и до выхода из эксплуатации находилось под контролем специалистов Регистра, все технические вопросы подлежали одобрению Технического совета. И, в первую очередь, работа совета заключалась в оценке технического состояния судов, судовых конструкций и разработке на основе этого правил классификации и постройки судов. Председателем Технического совета был избран К.П. Боклевский – выдающийся инженер-кораблестроитель, профессор, организатор и декан первого в нашей стране высшего учебного заведения морского инженерного образования – кораблестроительного факультета Санкт-Петербургского Политехнического института.

Многообразие технических вопросов привело к решению специализировать работы Технического совета по основным направлениям практической деятельности Регистра. Было создано шесть секций: морского стального судостроения (председатель – А.П. Шершов); речного стального судостроения (председатель – М.С. Абрамович); де-

## ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО СОВЕТА «РОССИЙСКОГО МОРСКОГО РЕГИСТРА СУДОХОДСТВА»

*М. С. Бойко, начальник научно-исследовательского отдела  
ФАУ «Российский морской регистр судоходства»,  
контакт. тел. (812) 605 0521*



**К. П. Боклевский**

ревянного судостроения (председатель – профессор А.П. Фан-дер-Флит); паровых судовых механизмов (председатель – В.П. Аршаулов); двигателей внутреннего сгорания (председатель – профессор Г.Н. Пио-Ульский); судов технического флота (председатель – И.А. Яблонский). В этот период на совещаниях Технического совета рассматриваются возможности и перспективы постройки первых отечественных лесовозов, разработки технических условий приемки судостроительной стали, создания новых правил классификации и постройки судов. В 1916 и 1917 гг. по итогам работы Технического совета было издано два сборника «Трудов Общества для классификации морских, речных и озерных судов «Русский Регистр».



*Обложка трудов Общества «Русский Регистр», изд. 1917 г.*

С 1923 по 1933 г. Технический совет рассматривает и одобряет первые проекты судов, предназначенных для постройки на судостроительных верфях в Ленинграде, Николаеве и Севастополе, в том числе рефрижераторов, грузопассажирских и грузовых судов, рыболовных траулерах. В этот период советом одобрен и целый ряд новых правил, в том числе по электро- и радиооборудованию, судовым подъемным механизмам, грузовой марке, обмеру и вместимости судов, испытанию судостроительных и машиностроительных материалов.

В эти годы в состав Технического совета входили: Ю.А. Шиманский – член-корреспондент АН СССР, выдающийся ученый в области строительной механики корабля; В.П. Вологдин – доктор технических наук, профессор, впервые обосновавший применение электросварки в судостроении; В.Л. Сувилло, Ю.П. Бирюков, В.И. Полонский, П.Ф. Папкович и другие знаменитые инженеры и ученые, представители страховых обществ, верфей и различных ведомств. Постоянным консультантом совета являлся академик А.Н. Крылов.



**Ю. А. Шиманский**

С 1928 г. председателем Технического совета становится профессор В.Л. Поздюнин. При его участии сформулированы стандарты продольной и поперечной прочности судна на основании сопоставления с «образцовым судном» таких же размерений, сформулированы приближенные методы определения главных элементов проектируемого судна для грузовых и пассажирских судов.





**В. Л. Позднюнин**

В 1930 г. выходят из печати первые «Правила постройки и классификации морских судов». В этом же году были заложены основы требований к проектированию и конструкции судовых шлюпочных и якорно-швартовых устройств. В 1932 г. разработана нормативная база для постройки спасательных средств, подготовлены материалы по проблемам сварки в судостроении.

Под руководством Технического совета впервые в мировой практике создаются нормы и требования в отношении судов арктического плавания. В 1938 г. разрабатываются и издаются «Материалы по постройке самоходных речных и озерных судов», в 1941 г. – материалы «Проектирование и постройка электросварных корпусов судов за границей».

В годы Великой Отечественной войны заседания Технического совета не проводятся. Специалисты Регистра решают задачи по восстановлению судов, поврежденных в боях, и быстрому введению их в строй. Однако работа над правилами продолжается, разрабатываются новые методы ремонта судов.

В послевоенные годы остро обозначилась необходимость в новых, более современных правилах, содействующих быстрому восстановлению морского и речного флота и пополнению его новыми судами современной конструкции. В этот период полностью переработаны основные нормативные документы: Правила классификации и постройки морских стальных судов, Правила Регистра СССР по применению электросварки в судостроении, Правила противопожарного оборудования и снабжения морских и рейдовых судов, Правила испытания судостроительных и машиностроительных материалов и изделий, Правила по электрооборудованию морских судов, Правила снабжения судов навигационными приборами, Правила устройства,

испытания и эксплуатации подъемных механизмов на транспортных судах СССР и ряд других документов.

В 1948 г. член Технического совета Регистра профессор С.Н. Благовещенский завершил работу по подготовке к изданию Временных норм остойчивости для торговых морских и рейдовых судов – единственных в тот момент в мировой практике правил по остойчивости. За рубежом официальные нормы остойчивости были разработаны и изданы позднее: в США – в 1952 г., Польше – в 1957 г., Японии – в 1958 г.



**С. Н. Благовещенский**

В 50-е гг. XX в. сотрудничество Регистра с научными организациями переходит на плановую основу. Одним из первых научных центров, с которым заключаются договоры на проведение научно-исследовательских работ, становится ЦНИИМФ. Значительная часть научных исследований выполняется совместно с ЦНИИ им. А.Н. Крылова. В состав Технического совета входят ведущие ученые из крупных научных центров.

Середина 60-х гг. характеризуется ростом темпов судостроения, что требует интенсивного развития научной базы и постоянного совершенствования нормативных документов. В это время значительно расширяется перечень организаций, сотрудничающих с Регистром. Результаты научно-технических работ регулярно публикуются в сборниках нормативно-методических материалов, научно-техническом сборнике «Регистра судоходства» (РС) и внедряются в правила Регистра.

Высокий научно-технический уровень правил РС способствует дальнейшему росту международного авторитета организации. В 1969 г. Регистр вступает в Международную ассоциацию классификационных обществ (МАКО), объединяющую ведущие классификационные общества мира. Это позволяет специалистам РС непосредственно участвовать в разработке международных кодексов и конвенций, регламентирующих морское судоходство. Этот период деятельности РС характеризуется осо-

бенно интенсивной работой Научно-технического совета, включающего 12 секций и возглавляемого Президиумом.

В начале 90-х гг. в связи с распадом СССР сокращается финансирование научных исследований, часть секций приостанавливает свою работу. Но уже в 1995 г. Научно-технический совет активизирует свою деятельность, работа вновь ведется в 12 секциях. Для руководства ими приглашаются ведущие ученые в области судостроения и смежных наук. В состав Президиума Научно-технического совета в этот период входят: академик РАН, директор ЦНИИ им. А.Н. Крылова В.М. Пашин, член-корреспондент РАН А.Е. Сазонов, ректор СПбГМТУ профессор Д.М. Ростовцев, директор ЦНИИМФ д-р техн. наук В.И. Пересышкин, директор Института проблем транспорта РАН д-р техн. наук О.В. Белый, начальник Государственной морской академии им. С.О. Макарова профессор И.И. Костылев, профессора Ф.М. Кацман, Г.В. Бойцов, В.В. Луговский, Д.В. Вилесов и другие известные ученые и специалисты.



**Д. М. Ростовцев**



**В. М. Пашин**

С 1995 г. по настоящее время Регистром издано более двух десятков новых правил и руководств, требования которых разработаны с учетом современных технологий и всех применимых положе-

ний международных кодексов и конвенций. Научная основа этих документов – это свыше трехсот научных проектов и исследований, проведенных благодаря работе Научно-технического совета РС.

Сегодня в Научно-технический совет входят около 300 ученых и высококвалифицированных специалистов. Совет объединяет представителей более 50 научных организаций, проектных и конструкторских институтов, судоходных компаний, судостроительных предприятий. В его составе более 40 докторов наук и более 80 кандидатов наук. Возглавляет Научно-технический совет генеральный директор РС.

Ученые и специалисты в области

седателя Научно-технического совета. В 2014 г. учреждена награда за лучшую научную разработку, внедренную в нормативные документы РС.

Вступая во второе столетие своего существования, Научно-технический совет вместе с Регистром ведет курс на гибкую адаптацию к требованиям рынка классификационных услуг и обеспечение высокого уровня безопасности человеческой жизни на море и экологической безопасности техногенных объектов.

Развитие рынка добычи и транспортировки углеводородного сырья приводит к необходимости проведения интенсивной научно-исследовательской рабо-

требований к судам, предназначенным для перевозки углеводородного сырья (нефтеналивные суда, суда-газовозы).

Регистр – общепризнанный лидер среди всех классификационных обществ по научно-техническому уровню требований к судам ледового класса, поэтому исследования в данном направлении традиционно являются приоритетными и активно обсуждаются на совещаниях специализированных секций Научно-технического совета и научных конференциях, в том числе международных.

Динамично развивается деятельность Регистра, связанная с внедрением современных информационных технологий. Автоматизация процедур применения требований нормативных документов позволяет значительно сократить время оказания той или иной услуги Регистра, а также повысить ее качество. Особое значение информационные технологии имеют при выполнении различных расчетных процедур, что обусловлено современными тенденциями к насыщению требований правил научно обоснованными методами расчета. Это приводит к необходимости разработки специализированного программного обеспечения, что также стало одним из приоритетных направлений научной деятельности Регистра и активно обсуждается на специализированных секциях Научно-технического совета.

Эффективное взаимодействие классификационной и научной деятельности – залог высокого качества нормативных документов. Такое взаимодействие содействует обеспечению безопасности жизни человека на море, экологической безопасности и экономической эффективности объектов морского транспорта. ■



*Заседание Президиума Научно-технического совета Регистра*

судостроения и судоходства, граждане иностранных государств, сотрудники РС, которые внесли значительный вклад в развитие Регистра, награждаются медалью «За вклад в развитие Российского морского регистра судоходства» имени К.П. Боклевского – первого пред-

ты по совершенствованию требований Регистра к объектам морского шельфа, плавучим буровым установкам, морским стационарным платформам, морским подводным трубопроводам. Значительная часть научных исследований Регистра направлена на совершенствование

Главный инженер – директор Департамента классификации «Российского морского регистра судоходства» (РС) Владимир Иванович Евенко в составе авторского коллектива удостоен премии Правительства Российской Федерации 2013 г. в области науки и техники и звания «Лауреат премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники». Премия присуждена за создание на отечественной научно-производственной базе дизель-электрических ледоколов нового поколения (пр. 21900), обеспечивших за счет эффективных инновационных технических решений безопасность и ритмичность навигации в Балтийском море в тяжелых ледовых условиях.

В число лауреатов премии наряду с В.И. Евенко вошли Е.М. Аппо-

лонов, В.А. Беляшов, Ю.А. Симонов (ФГУП «Крыловский государственный научный центр»), Е.В. Игошин, В.Г. Чекризов (ООО «Балтийский завод – судостроение»), М.Р. Максименко (ОАО «Внешнеэкономическое объединение «Судоимпорт»»), Ю.В. Поляков, П.В. Тарасов, В.И. Штрамбранд (ФГУП «Росморпорт»).

Работа авторского коллектива включила в себя научное обоснование концепции, проектирование, строительство, натурные испытания и эксплуатацию ледоколов «Москва» и «Санкт-Петербург». Ее итогом стало существенное расширение эксплуатац-

онных возможностей судов и повышение их технико-экономических параметров.

Ледоколы предназначены для проводки крупнотоннажных танкеров шириной до 50 м, буксировки судов во льдах и на чистой воде, перевозки грузов, выполнения аварийно-спасательных работ и оказания помощи судам, терпящим бедствие, тушения пожаров, доставки оборудования для ликвидации аварийных разливов нефти в открытом море. На базе положительного опыта их эксплуатации в настоящее время в Выборге ведется строительство модернизированных ледоколов пр. 21900М. ■

## ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР РС УДОСТОЕН ПРЕМИИ ПРАВИТЕЛЬСТВА РФ

В данной статье говорится о перспективной системе информационной поддержки в борьбе за надводную непотопляемость подводной лодки (СИП БНН), которая определяет параметры безопасности поврежденной подводной лодки и ориентирует личный состав на улучшение ее состояния. Важно отметить, что эта система решает задачи не только «боевого» режима, но и «учебного». В введении подробно освещаются основные цели функционирования СИП БНН, среди которых упоминается «повышение безопасности плавания подводной лодки путем более полной оценки ее состояния в условиях качки». В дальнейшем решение этой важной проблемы, на наш взгляд, не нашло

достаточного отражения в данной статье. Правда, в разд. 2.3 говорится о запасе динамической устойчивости поврежденной подводной лодки. Однако предложенная схема расчета коэффициента динамической безопасности при допущении, что подводная лодка совершает равнообъемные наклоны, вряд ли пригодна в случае качки поврежденной подводной лодки при наличии шквального ветра. Так, например, рис. 2 статьи отражает второй случай несимметричного затопления для процесса спрямления, описанный в книге Н. П. Муру «Статика корабля» [1], не имеет никакого отношения к анализу динамической непотопляемости поврежденной подводной лодки в условиях качки и ветра [2]. Влившаяся вода в отсеки подводной лодки при ее повреждении, независимо от категории отсека, влияет в основном при качке и ветре на характеристики:

- инерционные и статические;
- изменения возмущающего момента, который входит в кренящий момент;
- поступательные колебания как дополнительный момент от переливания жидкости в отсеке, увеличивая при этом угол дрейфа.

Особо необходимо подчеркнуть, что даже отсеки 1-й категории, включая балластные цистерны, полностью запрессованные водой, без свободных поверхностей, определенным образом влияют на параметры качки за счет изменения момента инерции поврежденной подводной лодки. Это влияние было детально исследовано Н. Е. Жуковским [3] и характеризует как бы

## ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СООБРАЖЕНИЯ ПО СТАТЬЕ «ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА КОМАНДНОГО СОСТАВА ПОДВОДНОЙ ЛОДКИ ПРИ БОРЬБЕ ЗА НАДВОДНУЮ НЕПОТОПЛЯЕМОСТЬ»\*

**П. А. Шауб**, *д-р техн. наук, проф., заслуженный деятель науки РФ, вед. науч. сотрудник,*

**Л. Н. Шауб**, *науч. сотрудник, НИИ кораблестроения и вооружения ВМФ, ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия», контакт. тел. (812) 405 0706*

«проворачивание» жидкости относительно твердого тела в направлении, противоположном вращению (наклону при качке). Влияние жидкости поврежденной подводной лодки будет отсутствовать только, если ее «заморозить». Согласно [4], эффективный момент инерции, отражающий влияние жидкости поврежденной подводной лодки будет равен

$$J_{эф} = J_{пл} + \lambda_{44}(\lambda_{22}, \lambda_{33}) + i - ib - i_{св} = J + i - i_b - i_{св}, \quad (1)$$

где  $J + i$  – момент инерции при условии, что вода заморожена;

$i_b = 4M_{ж}b^2\Gamma\left(\frac{f}{b}\right)$  – отражает влияние

вливающей жидкости при отсутствии свободной поверхности – эффект

Н. Е. Жуковского;  $i_{св} = -\rho \sum_{m=1}^{\infty} \delta_m \beta_m$  – изменение момента инерции поврежденной подводной лодки (ПЛ) от волнового влияния свободной поверхности вливающей воды.

Учитывая важность поставленной в статье проблемы для отечественных подводных лодок, было бы, конечно, полезно исследовать вопрос в СИП БНН, исходя из самого тяжелого случая – наличия отрицательной устойчивости, несимметричных колебаний при волнении и т. п. [4]. Было бы интересно знать, с какого угла начального крена и дифферента необходимо проводить расчеты поврежденной подводной лодки по вышеуказанной схеме. Так, экспериментальным путем было определено, что для надводного корабля начальный угол крена равен пяти или больше. Мало изучен

сам процесс всплытия поврежденной подводной лодки, особенно при пересечении взволнованной поверхности моря, когда величина устойчивости является критической.

В связи с вышеизложенным считаем, что СИП БНН должна быть комплексной, охватывать все основные положения поврежденной подводной лодки: под водой, при всплытии и в надводном положении при наличии волнения моря, а не оценивать лишь отдельные ее фрагменты.

Наконец, давая оценку безопасности по параметрам поврежденной подводной лодки, необходимо внимательно отнестись к соотношению частоты колебания жидкости в отсеке к частоте возмущающей силы волнения с точки зрения резонанса, что будет сказываться на оценке безопасности с помощью динамического коэффициента (КДБ).

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Муру Н.П.* Статика корабля. – Л.: Изд. ВВМИОЛУ, 1982.
2. *Шауб П.А., Московкина С.В.* Динамический крен поврежденного корабля на волнении при действии шквального ветра // Морской вестник. – 2013. – № 4 (48).
3. *Жуковский Н.Е.* О движении твердого тела, имеющего полости, наполненные однородной капельной жидкостью: Собр. сочинений. – Т. 2. – М.: Гостехиздат, 1949.
4. *Шауб П.А.* Качка поврежденного корабля: Динамическая непотопляемость. – СПб.: Изд. ООО НИЦ «Моринтех», 2013. ■

\* Авторы В. А. Антипов, В. Ю. Бобрович, Г.В. Лушин и др., «Морской вестник», 2012, № 2 (42), с. 69.

При решении ряда задач мореходности большое значение имеет расчет ускорений в произвольной точке судна. Уточнение расчетов ускорений необходимо для последующего их нормирования и введения ограничений при соответствующих условиях эксплуатации.

В настоящей работе исследуется влияние нелинейных сил и моментов второго порядка на амплитудные значения горизонтальных и вертикальных ускорений, возникающих на борту судна при поперечной качке.

Горизонтальные и вертикальные перемещения произвольной точки  $m$  при поперечной качке согласно [1] определяются следующими выражениями:

$$\eta_m = \eta_g - \theta z; \zeta_m = \zeta_g + \theta y. \quad (1)$$

Дифференцируя дважды выражения (1), получаем

$$\ddot{\eta}_m = \ddot{\eta}_g - \theta \ddot{z}; \ddot{\zeta}_m = \ddot{\zeta}_g + \theta \ddot{y}, \quad (2)$$

где

$$\begin{aligned} \ddot{\eta}_g &= -\omega_k^2 \eta_g^{(1)} \sin(\omega_k t + \delta_{\eta}^{(1)}) - \varepsilon_2 4\omega_k^2 \eta_g^{(2)} \sin(2\omega_k t + \delta_{\eta}^{(2)}); \\ \ddot{\zeta}_g &= -\omega_k^2 \zeta_g^{(1)} \sin(\omega_k t + \delta_{\zeta}^{(1)}) - \varepsilon_3 4\omega_k^2 \zeta_g^{(2)} \sin(2\omega_k t + \delta_{\zeta}^{(2)}); \\ \ddot{\theta} &= -\omega_k^2 \theta^{(1)} \sin(\omega_k t + \delta_{\theta}^{(1)}) - \varepsilon_4 4\omega_k^2 \theta^{(2)} \sin(2\omega_k t + \delta_{\theta}^{(2)}); \end{aligned} \quad (3)$$

Для определения амплитудных и фазовых значений горизонтальных и вертикальных ускорений точки  $m$  представим выражения (2) в соответствии с (3):

$$\begin{aligned} \ddot{\eta}_m &= \ddot{\eta}_{mA}^{(1)} \sin(\omega_k t + \delta_{\eta m}^{(1)}) + \ddot{\eta}_{mA}^{(2)} \sin(2\omega_k t + \delta_{\eta m}^{(2)}); \\ \ddot{\zeta}_m &= \ddot{\zeta}_{mA}^{(1)} \sin(\omega_k t + \delta_{\zeta m}^{(1)}) + \ddot{\zeta}_{mA}^{(2)} \sin(2\omega_k t + \delta_{\zeta m}^{(2)}). \end{aligned} \quad (4)$$

Подставляя (3) в (2) и сравнивая их с (4), после несложных преобразований найдем выражения для амплитуд ускорений первого и второго порядка произвольной точки:

$$\begin{aligned} \ddot{\eta}_{mA}^{(1)} &= \omega_k^2 \sqrt{\eta_g^{(1)2} + z^2 \theta^{(1)2} - 2z\eta_g^{(1)}\theta^{(1)} \cos(\delta_{\eta}^{(1)} - \delta_{\theta}^{(1)})}; \\ \ddot{\eta}_{mA}^{(2)} &= 4\omega_k^2 \sqrt{\varepsilon_2^2 \eta_g^{(2)2} + z^2 \varepsilon_4^2 \theta^{(2)2} - 2z\varepsilon_2 \varepsilon_4 \eta_g^{(2)}\theta^{(2)} \cos(\delta_{\eta}^{(2)} - \delta_{\theta}^{(2)})}; \\ \ddot{\zeta}_{mA}^{(1)} &= \omega_k^2 \sqrt{\zeta_g^{(1)2} + y^2 \theta^{(1)2} + 2y\zeta_g^{(1)}\theta^{(1)} \cos(\delta_{\zeta}^{(1)} - \delta_{\theta}^{(1)})}; \\ \ddot{\zeta}_{mA}^{(2)} &= 4\omega_k^2 \sqrt{\varepsilon_3^2 \zeta_g^{(2)2} + y^2 \varepsilon_4^2 \theta^{(2)2} + 2y\varepsilon_3 \varepsilon_4 \zeta_g^{(2)}\theta^{(2)} \cos(\delta_{\zeta}^{(2)} - \delta_{\theta}^{(2)})}. \end{aligned} \quad (5)$$

Амплитуды и фазы первых и вторых гармоник поперечно-горизонтальной, вертикальной и бортовой качки определяются в ходе решения следующей системы дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned} M\ddot{\eta}_g + \lambda_{22}\ddot{\eta}_g + \mu_{22}\dot{\eta}_g + \lambda_{24}\ddot{\theta} + \mu_{24}\dot{\theta} &= F_H^{(1)} e^{-i\omega t} + F_{H\Sigma}^{(2)} e^{-i2\omega t}; \\ M\ddot{\zeta}_g + \lambda_{33}\ddot{\zeta}_g + \mu_{33}\dot{\zeta}_g + \rho g S_w \zeta_g &= F_V^{(1)} e^{-i\omega t} + F_{V\Sigma}^{(2)} e^{-i2\omega t}; \end{aligned} \quad (6)$$

$$J_{XX}\ddot{\theta} + \lambda_{44}\ddot{\theta} + \mu_{44}\dot{\theta} + Dh_0\theta + \lambda_{24}\ddot{\eta}_g + \mu_{24}\dot{\eta}_g = M_X^{(1)} e^{-i\omega t} + M_{X\Sigma}^{(2)} e^{-i2\omega t},$$

где

$$\begin{aligned} F_{H\Sigma}^{(2)} &= F_{H22}^{(2)} + F_{H44}^{(2)} + F_{H23}^{(2)} + F_{H34}^{(2)} + F_{H77}^{(2)} + F_{H2,0+7}^{(2)} + F_{H3,0+7}^{(2)} + F_{H4,0+7}^{(2)}; \\ F_{V\Sigma}^{(2)} &= F_{V22}^{(2)} + F_{V44}^{(2)} + F_{V33}^{(2)} + F_{V24}^{(2)} + F_{V77}^{(2)} + F_{V2,0+7}^{(2)} + F_{V3,0+7}^{(2)} + F_{V4,0+7}^{(2)}; \\ M_{X\Sigma}^{(2)} &= M_{X22}^{(2)} + M_{X44}^{(2)} + M_{X23}^{(2)} + M_{X34}^{(2)} + M_{X77}^{(2)} + M_{X2,0+7}^{(2)} + M_{X3,0+7}^{(2)} + M_{X4,0+7}^{(2)}. \end{aligned}$$

В соответствии с правыми частями систем решение имеет бигармоническую форму:

$$\begin{aligned} \eta_g(t) &= \eta_g^{(1)} \sin(\omega t + \delta_{\eta}^{(1)}) + \varepsilon_2 \eta_g^{(2)} \sin(2\omega t + \delta_{\eta}^{(2)}); \\ \zeta_g(t) &= \zeta_g^{(1)} \sin(\omega t + \delta_{\zeta}^{(1)}) + \varepsilon_3 \zeta_g^{(2)} \sin(2\omega t + \delta_{\zeta}^{(2)}); \\ \theta(t) &= \theta^{(1)} \sin(\omega t + \delta_{\theta}^{(1)}) + \varepsilon_4 \theta^{(2)} \sin(2\omega t + \delta_{\theta}^{(2)}). \end{aligned} \quad (8)$$

Все составляющие нелинейных сил и моментов определяются на основании решения плоской нелинейной задачи о качке контура на регулярном волнении в условиях мелководья с учетом нелинейных граничных условий на контуре и на

## РАСЧЕТ УСКОРЕНИЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ ПОПЕРЕЧНОЙ КАЧКЕ СУДНА НА МЕЛКОВОДЬЕ, С УЧЕТОМ НЕЛИНЕЙНЫХ СИЛ ВТОРОГО ПОРЯДКА

Со Чжо Ту, аспирант,

В. Ю. Семенова, д-р техн. наук, проф., СПбГМТУ,  
контакт. тел. +7 (905) 229 7198

свободной поверхности. Решения данных задач изложено в [3, 4]. Общие формулы для нелинейных сил имеют вид

$$\left\{ \begin{matrix} F_H^{(2)} \\ F_V^{(2)} \\ M^{(2)} \end{matrix} \right\} = - \int_{S_0} p^{(2)} \left\{ \begin{matrix} \frac{d\eta}{dn} \\ \frac{d\zeta}{dn} \\ \left( \eta \frac{d\zeta}{dn} - \zeta \frac{d\eta}{dn} \right) \end{matrix} \right\} dS -$$

$$- \int_{S_0} p^{(1)} \theta^{(1)} \left\{ \begin{matrix} \frac{d\zeta}{dn} \\ \frac{d\eta}{dn} \\ 0 \end{matrix} \right\} dS - \int_{AS} p^{(1)} \left\{ \begin{matrix} \frac{d\eta}{dn} \\ \frac{d\zeta}{dn} \\ \left( \eta \frac{d\zeta}{dn} - \zeta \frac{d\eta}{dn} \right) \end{matrix} \right\} dS. \quad (9)$$

где

$$\begin{aligned} p^{(2)}(\eta, \zeta, t) &= -\rho \left\{ -0,5g\zeta\theta^2(t) + (\eta_g(t) - \zeta\theta(t)) \frac{\partial^2 \Phi^{(1)}}{\partial t \partial \eta} + \right. \\ &+ \left. (\zeta_g(t) + \eta\theta(t)) \frac{\partial^2 \Phi^{(1)}}{\partial t \partial \zeta} + \frac{\partial \Phi^{(2)}}{\partial t} + 0,5 \left( \left( \frac{\partial \Phi^{(1)}}{\partial \eta} \right)^2 + \left( \frac{\partial \Phi^{(1)}}{\partial \zeta} \right)^2 \right) \right\}. \end{aligned} \quad (10)$$

Здесь

$$\begin{aligned} \Phi^{(1)} &= (\varepsilon_7(\varphi_0 + \varphi_7^{(1)}) + \varepsilon_2\varphi_2^{(1)} + \varepsilon_3\varphi_3^{(1)} + \varepsilon_4\varphi_4^{(1)}) \cdot e^{-i\omega t}; \\ \varphi_0 &= -i \frac{g}{\omega} a_w \frac{\cosh \mu_0(\zeta + h)}{\cosh \mu_0 h} e^{i\mu_0 \eta} \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} \Phi^{(2)} &= (\varepsilon_2^2 \cdot \varphi_{22}^{(2)} + \varepsilon_3^2 \cdot \varphi_{33}^{(2)} + \varepsilon_4^2 \cdot \varphi_{44}^{(2)} + \varepsilon_7^2 \varphi_{77}^{(2)} + \varepsilon_2 \varepsilon_7 \cdot \varphi_{2,0+7}^{(2)} + \\ &+ \varepsilon_3 \varepsilon_7 \cdot \varphi_{3,0+7}^{(2)} + \varepsilon_4 \varepsilon_7 \cdot \varphi_{4,0+7}^{(2)} + \varepsilon_2 \varepsilon_3 \cdot \varphi_{23}^{(2)} + \varepsilon_2 \varepsilon_4 \cdot \varphi_{24}^{(2)} + \varepsilon_3 \varepsilon_4 \cdot \varphi_{34}^{(2)}) \cdot e^{-i2\omega t}, \end{aligned}$$

где  $\varphi_7^{(1)}, \varphi_2^{(1)}, \varphi_3^{(1)}, \varphi_4^{(1)}$  – потенциалы первого порядка дифрагированного движения жидкости, а также движения, вызванного поперечно-горизонтальными колебаниями (ПГК), вертикальными (ВК) и бортовыми (БК). Данные потенциалы определяются в результате решения соответствующих линейных задач;  $\varphi_{77}^{(2)}$  – потенциал второго порядка, обусловленный взаимодействием набегающих и дифрагированных волн;  $\varphi_{22}^{(2)}, \varphi_{33}^{(2)}, \varphi_{44}^{(2)}$  – потенциалы, обусловленные изолированными ПГК, ВК и БК контура на тихой воде;  $\varphi_{2,0+7}^{(2)}, \varphi_{3,0+7}^{(2)}, \varphi_{4,0+7}^{(2)}$  – потенциалы, обусловленные взаимодействием набегающего, дифрагированного и вызванного колебаниями контура волнения жидкости;  $\varphi_{23}^{(2)}, \varphi_{24}^{(2)}, \varphi_{34}^{(2)}$  – потенциалы второго порядка, обусловленные совместными ПГК и ВК, ПГК и БК, ВК и БК на тихой воде.

На рис. 1 приведены результаты расчетов нелинейных сил и моментов по разработанному методу и программе, действующих на различные суда при поперечной качке лагом в зависимости от изменения относительной глубины  $h/T$  и частоты  $\omega$ . Основные характеристики судов приведены в табл. 1. При этом нелинейные силы определялись согласно выражениям (7) с учетом амплитуд первых гармоник  $\eta_g^{(1)}, \zeta_g^{(1)}, \theta^{(1)}$  и фаз соответствующих видов качки  $\delta_{\eta}^{(1)}, \delta_{\zeta}^{(1)}, \delta_{\theta}^{(1)}$ . Полученные результаты показывают, что нелинейные силы и момент возрастают при уменьшении относительной глубины  $h/T$ . Возрастание

Таблица 1

Основные характеристики судов

| Название судна                   | L      | B    | T    | $\delta$ | $\alpha$ |
|----------------------------------|--------|------|------|----------|----------|
| Сухогруз «Новгород»              | 138    | 20,6 | 9    | 0,68     | 0,79     |
| Навалочное судно «Капитан Гусев» | 111,45 | 16,4 | 4,8  | 0,798    | 0,896    |
| Контейнеровоз «S-175»            | 175    | 25,4 | 9,5  | 0,572    | 0,709    |
| Танкер «Баскунчак»               | 74     | 12   | 4,65 | 0,71     | 0,799    |
| Транспортное судно               | 120    | 15   | 5,77 | 0,595    | 0,72     |

амплитудных значений нелинейных сил особенно проявляется в зоне низких частот  $\omega < 1$ , что обусловлено непосредственным увеличением значений отдельных составляющих нелинейных сил, в этой области при уменьшении  $h/T$ . Зависимости нелинейных сил и моментов могут иметь «пики», обусловленные влиянием резонансных амплитуд бортовой и вертикальной качки.

Так, зависимости нелинейных вертикальных сил  $F_V^{(2)}$ , действующих на танкер «Баскунчак», имеют «пики» на частоте  $\omega = 0,75$ , равной собственной частоте бортовой качки данного судна. Максимальные значения нелинейных вертикальных сил, действующих на навалочное судно «Капитан Гусев», также соответствуют резонансным частотам бортовой качки.

На основании изложенной методики, авторами была разработана программа расчета поперечной качки судна и соответствующих ускорений с учетом нелинейных сил. В целях апробации разработанной программы расчеты амплитуд

поперечных видов качки двух транспортных судов при относительной глубине  $h/T=5$  были сопоставлены с соответствующими расчетами В.Ю. Семеновой [2], а также с расчетами по программе, реализующей решение задачи для бесконечно-глубокой жидкости (рис. 2).

Из приведенных сравнений видно практически полное согласование результатов, полученных различными методами между собой за исключением амплитуд первых и вторых гармоник поперечно-горизонтальной качки в области низких частот. При решении задачи о качке судна в жидкости ограниченной глубины амплитуды первых гармоник поперечно-горизонтальной качки  $\eta_g^{(1)}/a_w \rightarrow \infty$  при  $\omega \rightarrow 0$ , что подтверждается расчетами и экспериментальными исследованиями Takaki [5] и другими авторами. Та же тенденция наблюдается и для амплитуд вторых гармоник поперечно-горизонтальной качки  $\eta_g^{(2)}$  и вертикальной  $\zeta_g^{(2)}$  (см. рис. 2) ввиду зависимости нелинейных сил от  $\eta_g^{(2)}$ .

С целью анализа влияния нелинейных гидродинамических сил на ускорения в настоящей работе рассчитаны вертикальные и горизонтальные составляющие ускорений в точке на борту судна  $m_1(0, B/2, H-T)$  при качке судна лагом. Расчеты линейных, нелинейных и суммарных ускорений по формулам (4) выполнены для четырех судов: танкеров «Баскунчак», «Капитан Гусев», сухогруза «Новгород» и контейнеровоза «S-175» в зависимости от относительной глубины  $h/T=1,6; 1,8; 2; 2,5; 3$  и 4. На рис 3–4 приведены характерные результаты расчетов вертикальных и горизонтальных ускорений в точке  $m_1$  при качке судна лагом.

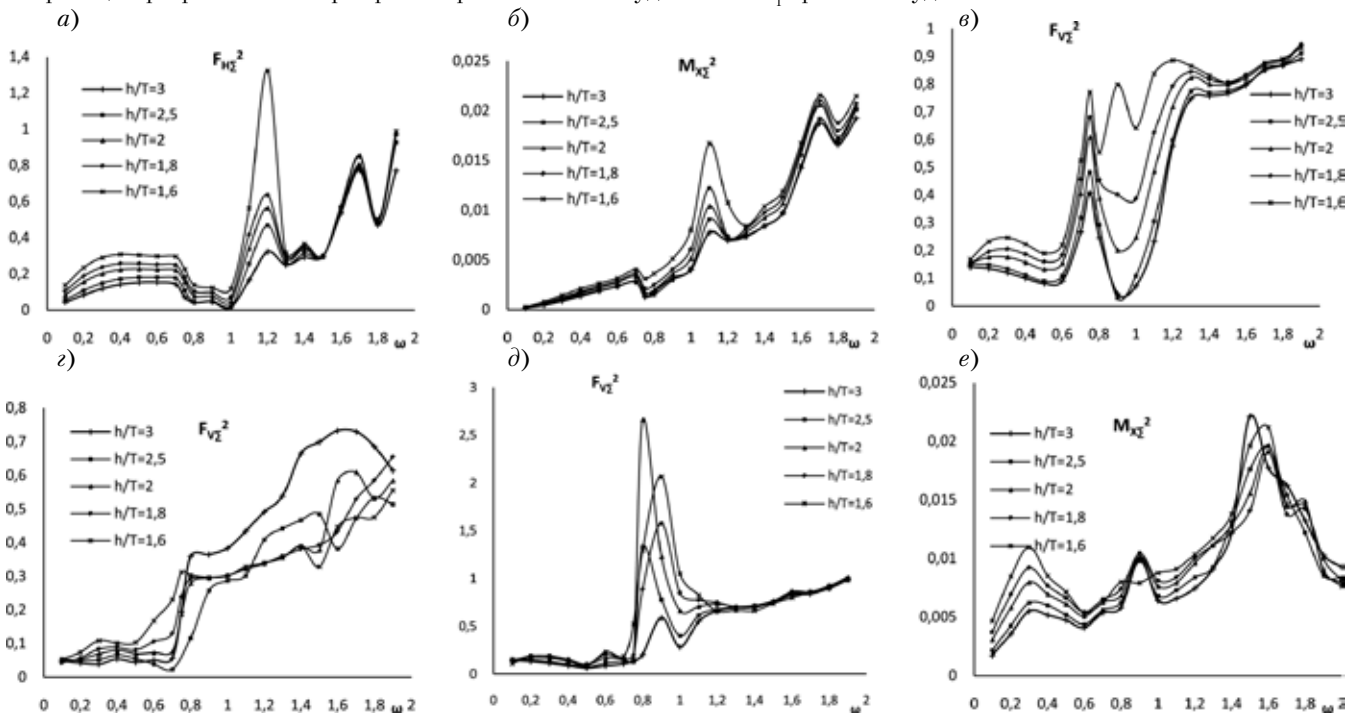


Рис. 1. Амплитудные значения нелинейных сил и моментов в зависимости от изменения относительной глубины для различных типов судов. а–в – танкер «Баскунчак»; г – контейнеровоз «S-175»; д – судно «Капитан Гусев»; е – сухогруз «Новгород»

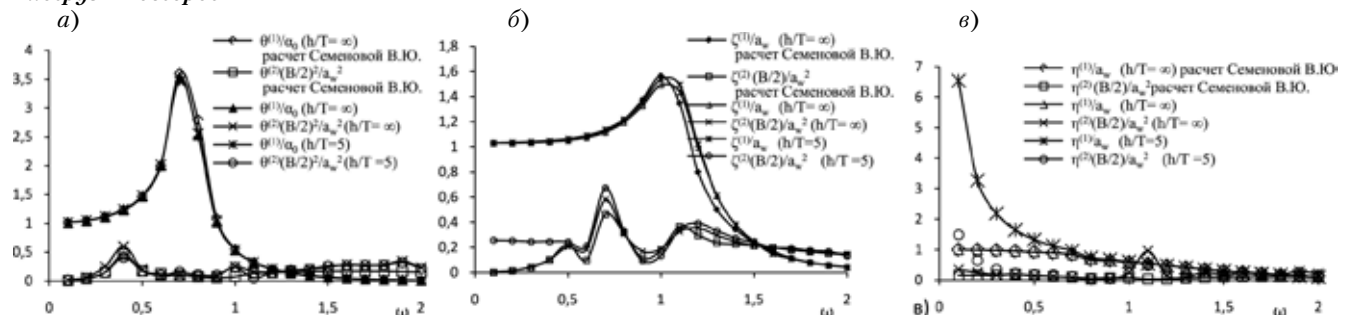


Рис. 2. Амплитудно-частотные характеристики первых и вторых гармоник поперечно-горизонтальной, вертикальной и бортовой качки транспортного судна. Сравнение методов расчета

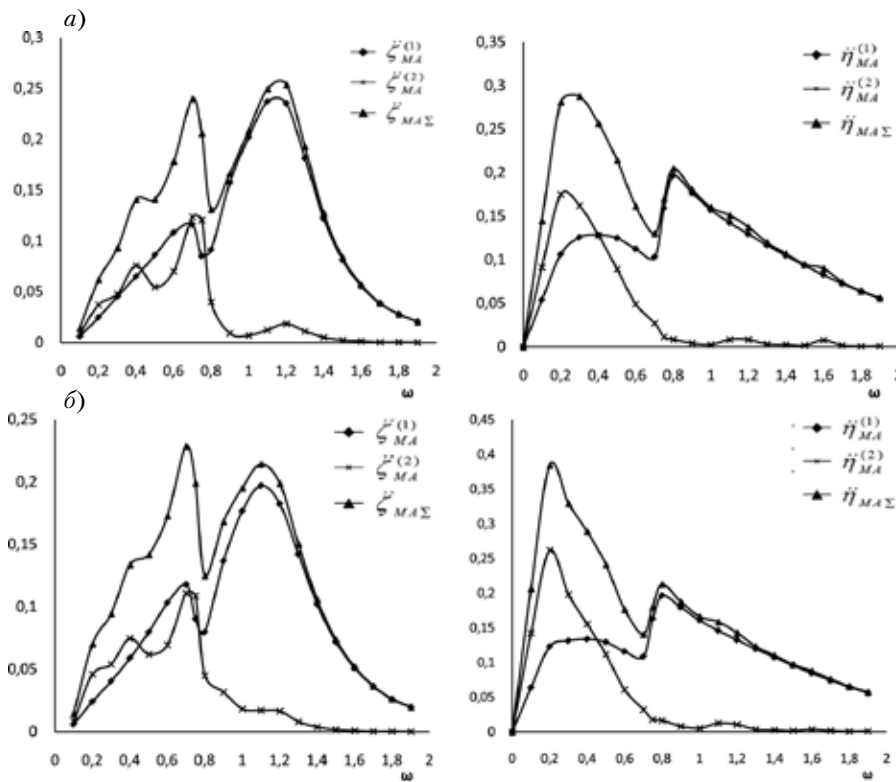


Рис. 3. Значения линейных и нелинейных вертикальных и горизонтальных ускорений танкера «Баскунчак» в точке  $t_1$  ( $0, B/2, H-T$ ) при  $\beta=90$ : а – при  $h/T=2,5$ ; б – при  $h/T=1,8$

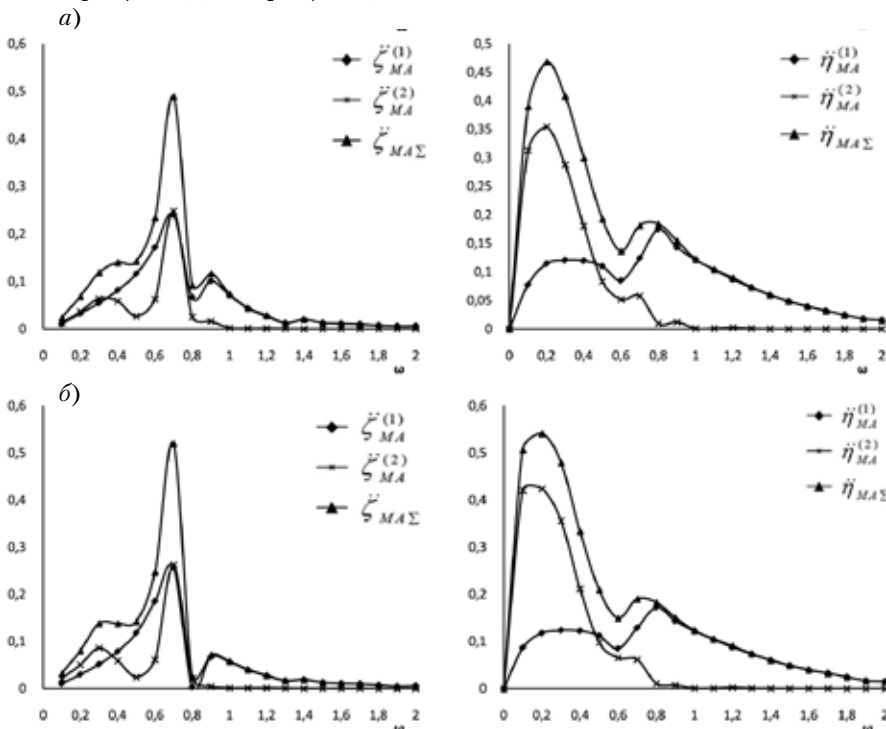


Рис. 4. Значения линейных и нелинейных вертикальных и горизонтальных ускорений танкера «Баскунчак» в точке  $t_1$  ( $0, B/2, H-T$ ) при  $\beta=90$ : а – при  $h/T=2,0$ ; б – при  $h/T=1,6$

Из представленных результатов видно, что учет нелинейностей, связанных с наличием потенциалов второго порядка в интеграле Лагранжа–Коши для давления оказывает значительное влияние на ускорения в области низких частот  $\omega < 0,8$ . В этой области нелинейные составляющие вертикального ускорения  $\zeta_{MA}^{(2)}$  соизмеримы с линейными  $\zeta_{MA}^{(1)}$ . Вертикальные

ускорения  $\ddot{\zeta}_{MA}$ , определенные с учетом нелинейной составляющей, превосходят  $\zeta_{MA}^{(1)}$ , полученные по линейной теории в 2,5–3 раза (рис. 3–4). В зоне частот  $\omega > 1$  влияние нелинейных сил на ускорения сводится к нулю. Зависимости  $\zeta_{MA\Sigma} = f(\omega)$  могут иметь по три максимума, отмечающихся на частотах, равных  $\omega = \omega_0/2$ ,  $\omega = \omega_0$  и  $\omega = \omega_c$  (см. рис. 3).

Зависимость  $\zeta_{MA\Sigma} = f(\omega)$  для сухогруза «Новгород» имеет два «пика», поскольку  $\omega_0 = \omega_c$ . Нелинейные составляющие горизонтальных ускорений  $\ddot{\eta}_{MA}^{(2)}$  в зоне частот  $\omega < 0,5$  могут быть в 2–4 раза больше соответствующих линейных составляющих  $\ddot{\eta}_{MA}^{(1)}$  (см. рис 3–6). Это обусловлено ростом значений амплитуд вторых гармоник поперечно-горизонтальной качки  $\eta_g^{(2)}$  в этой зоне частот, а также тем, что ускорения  $\ddot{\eta}_{MA}^{(2)}$  пропорциональны множителю  $4\omega^2$  (5).

Суммарные значения горизонтального ускорения  $\ddot{\eta}_{MA\Sigma}$ , полученные с учетом нелинейных факторов, превосходят линейные составляющие  $\ddot{\eta}_{MA}^{(1)}$  в 4–6 раз, что говорит о необходимости учета нелинейных сил второго порядка при определении данных ускорений.

Из сопоставления результатов расчетов также видно, что уменьшение относительной глубины способствуют возрастанию влияния нелинейных факторов. Так, для сухогруза «Новгород» при  $h/T = 1,6$  горизонтальные ускорения  $\ddot{\eta}_{MA\Sigma}$ , определенные с учетом нелинейных факторов, в 5,5 раз превосходят  $\ddot{\eta}_{MA}^{(1)}$ , определенные по линейной теории, а для случая относительной глубины  $h/T = 2$  – в 4,5 раза.

Таким образом, полученные результаты показывают необходимость учета нелинейных сил при расчете ускорений при качке судна в условиях мелководного фарватера на регулярном волнении в целях последующей оценки и нормирования избыточных ускорений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бородай И.К., Нецветов Ю.А. Качка судов на морском волнении. – Л., Судостроение, 1969.
2. Семенова В.Ю. Разработка метода расчета нелинейной качки судов. – Дисс. на соискание уч. степени д-ра техн. наук. – СПбГМТУ, 2005.
3. Семенова В.Ю., Со Чжо Ту. Определенные нелинейные силы второго порядка, возникающих при поперечной качке контура на тихой воде в условиях мелководья // Морские интеллектуальные технологии. – 2012. – №2(16).
4. Со Чжо Ту. Расчет нелинейных гидродинамических сил и моментов второго порядка, возникающих при колебаниях шпангоутных контуров на регулярном волнении в жидкости ограниченной глубины. – Тр. СПбГМТУ, 2012, вып. №1 (124), с. 28–31.
5. Takaki M. On the ship motions in shallow water. – 2012 // Res.Inst. of Appl.Mech., Kyushu University, Japan. – 1978. – Vol.25. – №80.

Определение сил волнового дрейфа в различных условиях эксплуатации судна – одна из важных задач мореходности. Умение определять силы волнового дрейфа необходимо при решении задач позиционирования, швартовки судов в стесненных акваториях. В работах [1–2] были рассмотрены задачи определения данных сил для случаев мелководного фарватера и фарватера, ограниченного одной вертикальной стенкой.

В настоящей работе определим дрейфовые силы при продольной качке судна в канале ограниченной глубины.

Общие формулы для силы волнового дрейфа и момента имеют вид

$$F_N^{(2)}(x, y, z) = \rho \frac{1}{2} \iint_{\Omega_0} \left\{ [(\xi_g + (\psi z - \chi y))] \frac{\partial^2 \bar{\Phi}^{(1)}}{\partial t \partial \xi} + [\eta_g - (\theta z - \chi x)] \frac{\partial^2 \bar{\Phi}^{(1)}}{\partial t \partial \eta} + [\zeta_g + (\theta y - \psi x)] \frac{\partial^2 \bar{\Phi}^{(1)}}{\partial t \partial \zeta} \right\} \bar{n} dS + \rho \frac{1}{4} \iint_{\Omega_0} \left( \frac{\partial \Phi^{(1)}}{\partial \xi} \frac{\partial \bar{\Phi}^{(1)}}{\partial \xi} + \frac{\partial \Phi^{(1)}}{\partial \eta} \frac{\partial \bar{\Phi}^{(1)}}{\partial \eta} + \frac{\partial \Phi^{(1)}}{\partial \zeta} \frac{\partial \bar{\Phi}^{(1)}}{\partial \zeta} \right) \bar{n} dS + \rho \frac{1}{2} \iint_{\Omega_0} (g(\zeta_g - x\psi + y\theta) + \frac{\partial \Phi^{(1)}}{\partial t} (\bar{\alpha} \times \bar{n})) dS - \frac{1}{4} \int_{WL} z_W \bar{z}_W \bar{n} (\operatorname{cosec}(\alpha_{WL})) dl;$$

$$M_N^{(2)}(x, y, z) = \rho \frac{1}{2} \iint_{\Omega_0} \left\{ [(\xi_g + (\psi z - \chi y))] \frac{\partial^2 \bar{\Phi}^{(1)}}{\partial t \partial \xi} + [\eta_g - (\theta z - \chi x)] \frac{\partial^2 \bar{\Phi}^{(1)}}{\partial t \partial \eta} + [\zeta_g + (\theta y - \psi x)] \frac{\partial^2 \bar{\Phi}^{(1)}}{\partial t \partial \zeta} \right\} (r \times \bar{n}) dS + \rho \frac{1}{4} \iint_{\Omega_0} \left( \frac{\partial \Phi^{(1)}}{\partial \xi} \frac{\partial \bar{\Phi}^{(1)}}{\partial \xi} + \frac{\partial \Phi^{(1)}}{\partial \eta} \frac{\partial \bar{\Phi}^{(1)}}{\partial \eta} + \frac{\partial \Phi^{(1)}}{\partial \zeta} \frac{\partial \bar{\Phi}^{(1)}}{\partial \zeta} \right) (r \times \bar{n}) dS + \rho \frac{1}{2} \iint_{\Omega_0} (g(\zeta_g - x\psi + y\theta) + \frac{\partial \Phi^{(1)}}{\partial t}) \alpha \times (\bar{r} \times \bar{n}) dS - \frac{1}{4} \int_{WL} z_W \bar{z}_W \bar{n} (\operatorname{cosec}(\alpha_{WL})) (\bar{r} \times \bar{n}) dl,$$

где

$$z_w = \frac{1}{g} \frac{\partial \Phi}{\partial t} \Big|_{z=0} - \zeta_g + x_{WL} \psi - y_{WL} \theta;$$

$$\bar{p} = -\rho g (\zeta_g - x_{WL} \psi - y_{WL} \theta) - \rho \frac{\partial \bar{\Phi}}{\partial t};$$

$$\bar{\alpha} = (\theta, \psi, \chi).$$

Из приведенных выражений видно, что для вычисления дрейфовых сил необходимо предварительно определить потенциал волнового движения жидкости, обусловленный качкой судна в канале, и соответствующие амплитуды продольной качки.

В соответствии с линейной теорией качки, потенциал  $\Phi$  можно представить в виде следующей суперпозиции:

$$\Phi = \varphi_0(\xi, \eta, \zeta) \cdot e^{-i\omega t} + \varphi_7(\xi, \eta, \zeta) \cdot e^{-i\omega t} + \sum_{j=1}^6 U_j \varphi_j, \quad (4)$$

где  $\varphi_0$  – потенциал набегающего волнения.

Для жидкости конечной глубины  $h$

$$\varphi_0 = -i \frac{g}{\omega} \zeta_w \frac{\operatorname{ch} \mu_0 (\zeta + h)}{\operatorname{ch} \mu_0 h} e^{i\mu_0 (\zeta \cos \beta + \eta \sin \beta)}, \quad (5)$$

где  $\beta$  – курсовой угол;  $\omega$  – частота набегающего волнения;  $\mu_0$

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛ ВОЛНОВОГО ДРЕЙФА ПРИ ПРОДОЛЬНОЙ КАЧКЕ СУДНА В КАНАЛЕ ОГРАНИЧЕННОЙ ГЛУБИНЫ

Со Мое Аунг, аспирант,

В. Ю. Семенова, д-р техн. наук, проф., СПбГМТУ,  
контакт. тел. +7 (905) 229 7198

определяется из дисперсионного соотношения  $\frac{\omega^2}{g} = \mu_0 \operatorname{th} \mu_0 h$ ;  $\varphi_7$  – потенциал дифрагированного движения жидкости;  $\varphi_j$  – потенциал скорости возмущенного движения жидкости, обусловленного отдельными поступательными или вращательными видами качки судна на поверхности спокойной воды.

Таким образом, поставленная задача сводится к определению потенциалов  $\varphi_j$ , обусловленных колебаниями судна, потенциала дифрагированного волнения  $\varphi_7$  и их производных. При этом искомые потенциалы должны удовлетворять уравнению Лапласа, граничным условиям на смоченной поверхности судна и свободной поверхности жидкости, а также граничным условиям на дне водоема и на вертикальных стенках канала:

$$\frac{\partial \varphi_i}{\partial \eta} = 0 \text{ при } \eta = \pm \frac{B_k}{2}, \quad (6)$$

где  $B_k$  – ширина канала.

Решение поставленной задачи основано на использовании теоремы Грина и методе зеркальных отображений, согласно которым для каждого потенциала  $\varphi_j$  можно записать

$$\varphi_i(\xi, \eta, \zeta) = \frac{1}{4\pi} \iint_S \sigma_i(\xi_1, \eta_1, \zeta_1) \sum_{m=-\infty}^{\infty} G_m(\xi, \eta, \zeta, \xi_1, \eta_1, \zeta_1) dS. \quad (7)$$

Функция  $G_k = \sum_{m=-\infty}^{\infty} G_m(\xi, \eta, \zeta, \xi_1, \eta_m, \zeta_1)$ ,  $\eta_m = (-1)^m \eta_1 + m B_k$  представляет собой функцию Грина в канале при  $m = 0$ ,  $G_k = G$ .

Таким образом,  $G_k$  определяется как сумма обычной функции Грина  $G$  и бесконечного множества её зеркальных отображений  $G_m$ . Для определения бесконечной суммы, определяющей  $G_k$ , будем использовать подход, предложенный в [5].

Представим  $G_k$  в виде следующей суперпозиции:

$$G_k = G + G^N + G^M + G^F, \quad (8)$$

где

$$G^N = \sum_{m=-M_0}^{-1} G_m + \sum_{m=1}^{M_0} G_m; \quad (9)$$

$$G^M = \sum_{m=-M_1}^{-M_0-1} G_{m1} + \sum_{m=M_0+1}^{M_1} G_{m1}. \quad (10)$$

Функция  $G^N$  представляет собой сумму ближайших зеркальных отображений, для которых  $G_m$  необходимо рассчитывать по той же формуле (3), что и  $G$ :

$$G_m(\xi, \eta, \zeta, \xi_1, \eta_m, \zeta_1) = 2\pi \frac{(v^2 - \mu_0^2) \operatorname{cosh} \mu_0 (\zeta + h) \operatorname{cosh} \mu_0 (\zeta_1 + h)}{(\mu_0^2 - v^2) h + v} (Y_0(\mu_0 R_m) - i J_0(\mu_0 R_m)) + 4 \sum_{k=1}^{\infty} \frac{(\mu_k^2 + v^2) \operatorname{cos} \mu_k (\zeta + h) \operatorname{cos} \mu_k (\zeta_1 + h)}{(\mu_k^2 + v^2) h - v} K_0(\mu_k R_m); \quad (11)$$

$$R_m = \sqrt{(\xi - \xi_1)^2 + (\eta - \eta_m)^2}. \quad (12)$$

При увеличении  $R_m$  функция Макдональда  $K_0(\mu_k R_m) \rightarrow 0$ . Поэтому функции  $G_{m1}$ , входящие в выражение для  $G^M$ , определяются согласно следующему выражению:

$$G_m(\xi, \eta, \zeta, \xi_1, \eta_m, \zeta_1) =$$

$$2\pi \frac{(v^2 - \mu_0^2) \operatorname{cosh} \mu_0 (\zeta + h) \operatorname{cosh} \mu_0 (\zeta_1 + h)}{(\mu_0^2 - v^2) h + v} (Y_0(\mu_0 R_m) - i J_0(\mu_0 R_m)). \quad (13)$$

Функция  $G^F$  представляет собой сумму зеркальных отображений, находящихся на бесконечном удалении от начала координат:

$$G^F = \sum_{m=-\infty}^{-M_1-1} G_{m_2} + \sum_{m=M_1+1}^{\infty} G_{m_2}. \quad (14)$$

При определении  $G_{m_2}$  функции  $Y_0(\mu_0 R_m)$  и  $J_0(\mu_0 R_m)$  следует определять по асимптотическим формулам.

Согласно [5],  $G^F$  можно представить в виде следующей аппроксимации, обеспечивающей более быструю сходимость решения, по сравнению с расчетом бесконечных рядов (14):

$$G^F = \Lambda_0(\zeta, \zeta_1) \cdot C \sum_{j=1}^4 \left[ I_1(Y_j, B) + \left( \frac{1}{2} X^2 - \frac{1}{8} \right) I_2(Y_j, B) \right], \quad (15)$$

где  $C = e^{-i\frac{\pi}{4}} \sqrt{\frac{2}{\pi}}; X = \mu_0(\xi - \xi_1); B = \mu_0 B_k; \quad (16)$

$$\Lambda_0(\zeta, \zeta_1) = 2\pi \frac{(v^2 - \mu_0^2) \cos h\mu_0(\zeta + h) \cos h\mu_0(\zeta_1 + h)}{(\mu_0^2 - v^2)h + v}; \quad (17)$$

$$\left. \begin{aligned} Y_1 &= M_1 - (\eta - \eta_1) / (2B_k); \\ Y_2 &= M_1 + (\eta - \eta_1) / (2B_k); \\ Y_3 &= M_1 + 1/2 - (\eta + \eta_1) / (2B_k); \\ Y_4 &= M_1 + 1/2 + (\eta + \eta_1) / (2B_k); \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

$$I_1(Y_j, B) = \frac{e^{2iBY_j}}{\sqrt{2\pi B}} \int_0^{\infty} \frac{t^{-1/2} e^{-Y_j t}}{1 - e^{-t+i2B}} dt; \quad (19)$$

$$I_2(Y_j, B) = \frac{ie^{2iBY_j}}{\sqrt{2\pi B} B} \int_0^{\infty} \frac{t^{1/2} e^{-Y_j t}}{1 - e^{-t+i2B}} dt. \quad (20)$$

Входящие в (15) интегралы необходимо вычислить для каждого  $Y_j, j = 1, 4$ .

Входящие в (19) и (20) бесконечные интегралы найдем следующим образом:

$$\int_0^{\infty} \frac{t^{-1/2} e^{-Y_j t}}{1 - e^{-t+i2B}} dt = \frac{\pi e^A \operatorname{erfc} \sqrt{A}}{\sqrt{(e^{-i2B} - 1) e^{i2B}}}; \quad (21)$$

$$\int_0^{\infty} \frac{t^{1/2} e^{-Y_j t}}{1 - e^{-t+i2B}} dt = \frac{-\pi \sqrt{(e^{-i2B} - 1) e^A \operatorname{erfc} \sqrt{A}}}{e^{i2B}} + \frac{\sqrt{\pi} Y_j}{e^{i2B}}; \quad (22)$$

$$A = Y_j (e^{-i2B} - 1);$$

$\operatorname{erfc}$  – дополнительный интеграл вероятности.

Для обеспечения точности расчетов количество членов рядов  $M_0$  и  $M_1$  выбираем следующим образом:

$$M_0 = 1 + \operatorname{Int}(7h / B_k); \quad (23)$$

$$M_1 = 2(1 + \operatorname{Int}(7(10T) / B_k)) + 1.$$

В целях апробации формул (23) авторами проводились многочисленные расчеты с последовательным увеличением  $M_0$  и  $M_1$ . Полученные результаты показали, что увеличение  $M_0$  и  $M_1$  по сравнению с (23) не приводит к изменению результатов.

Определение нормальной производной  $dG_k/dn$  для решения системы интегральных уравнений и определения неизвестных интенсивностей в целом не представляет собой никаких трудностей. При вычислении составляющей  $dG^F/dn$ , однако, появляется несобственный интеграл вида  $\int_0^{\infty} \frac{t^{3/2} e^{-Y_j t}}{1 - e^{-t+i2B}} dt$ . Для его определения следует воспользоваться следующим выражением:

$$\int_0^{\infty} \frac{t^{3/2} e^{-Y_j t}}{1 - e^{-t+i2B}} dt = \frac{-\pi (e^{-i2B} - 1)^{3/2} e^A \operatorname{erfc} \sqrt{A}}{e^{i2B}} + \frac{\sqrt{\pi}}{2} Y_j^{3/2} \frac{(1 - 2A)}{e^{i2B}}. \quad (24)$$

Неизвестная интенсивность источников  $\sigma_j(\xi, \eta, \zeta)$  в (7) определяется из кинематических граничных условий на поверхности тела  $S$ , а именно:

$$-\frac{1}{2} \sigma_{j_m} + \frac{1}{4\pi} \sum_{n=1}^N \sigma_{j_n} \left( \frac{\partial}{\partial n} G_{k_{nm}} \right) \Delta S_n = \frac{n_{j_m}}{-\partial \Phi_0 / \partial n} \quad \left. \begin{aligned} j &= 1, 3, 5 \\ j &= 7 \end{aligned} \right\}; \quad (25)$$

где  $n_1 = \cos(n, \xi); n_3 = \cos(n, \zeta); n_5 = \zeta \cos(n, \xi) - \xi \cos(n, \zeta)$ .

Для численного решения уравнения (25) смоченная поверхность судна разбивается на конечное число плоских элементов – панелей (рис. 1), а граничные условия на смоченной поверхности записываются для центральной точки каждого элемента.

Производные потенциалов по координатам определяются следующим образом:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Phi_j}{\partial \xi}(\xi, \eta, \zeta) &= \frac{1}{4\pi} \iint_S \sigma_j(\xi_1, \eta_1, \zeta_1) \frac{\partial G_k}{\partial \xi} dS; \\ \frac{\partial \Phi_j}{\partial \eta}(\xi, \eta, \zeta) &= \frac{1}{4\pi} \iint_S \sigma_j(\xi_1, \eta_1, \zeta_1) \frac{\partial G_k}{\partial \eta} dS; \\ \frac{\partial \Phi_j}{\partial \zeta}(\xi, \eta, \zeta) &= \frac{1}{4\pi} \iint_S \sigma_j(\xi_1, \eta_1, \zeta_1) \frac{\partial G_k}{\partial \zeta} dS. \end{aligned} \quad (26)$$

Необходимые для расчета дрейфовых сил амплитуды продольной качки судна находим на основании решения следующей системы дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned} (M + \lambda_{11}) \ddot{\zeta}_g + \lambda_{13} \ddot{\zeta}_g + \lambda_{15} \ddot{\psi} + \mu_{11} \dot{\zeta}_g + \mu_{13} \dot{\zeta}_g + \mu_{15} \dot{\psi} &= F_{B1} e^{-i\omega t}; \\ (M + \lambda_{33}) \ddot{\zeta}_g + \lambda_{31} \ddot{\zeta}_g + \lambda_{33} \ddot{\psi} + \mu_{33} \dot{\zeta}_g + \mu_{31} \dot{\zeta}_g + & \\ + \mu_{35} \dot{\psi} + \rho g S \zeta_g - \rho g S X_f \psi &= F_{B3} e^{-i\omega t}; \\ (J_{yy} + \lambda_{55}) \ddot{\psi} + \lambda_{51} \ddot{\zeta}_g + \lambda_{53} \ddot{\zeta}_g + \mu_{55} \dot{\psi} + \mu_{51} \dot{\zeta}_g + & \\ + \mu_{53} \dot{\zeta}_g + D H_0 \psi - \rho g S \cdot X_f \zeta_g &= F_{B5} e^{-i\omega t}, \end{aligned} \quad (27)$$

где  $S$  – площадь действующей ватерлинии;  $M$  – масса судна;  $h_0, H_0$  – поперечная и продольная метацентрические высоты;  $x_f$  – абсцисса центра тяжести площади ватерлинии;  $\lambda_{kj}, \mu_{kj}$  – коэффициенты присоединенных масс и демпфирования;  $F_{Bk}$  – возмущающие силы.

$$F_{Bk} = -\rho i \omega e^{-i\omega t} \iint_S (\varphi_0 + \varphi_7) \frac{\partial \Phi_k}{\partial n} ds - \rho e^{-i\omega t} U \iint_S \frac{\partial}{\partial \xi} (\varphi_0 + \varphi_7) \frac{\partial \Phi_k}{\partial n} ds;$$

$$\lambda_{kj} = \rho \iint_S (-\operatorname{Re} \varphi_j - \frac{U}{\omega} \frac{\partial}{\partial \xi} \operatorname{Im} \varphi_j) \frac{\partial \Phi_k}{\partial n} dS;$$

$$\mu_{kj} = \rho \iint_S (-\omega_k \operatorname{Im} \varphi_j - U \frac{\partial}{\partial \xi} \operatorname{Re} \varphi_j) \frac{\partial \Phi_k}{\partial n} dS. \quad (28)$$

На основании изложенного метода была разработана программа и проведены расчеты всех составляющих дрейфовых сил и моментов. В целях апробации программы результаты расчетов продольной силы дрейфа для неподвижной полусферы были сопоставлены с расчетами Xia [4] для различных относительных ширин канала  $bk/d$  ( $d$  – диаметр полусферы) (рис. 2,  $a$ – $\theta$ ). Из представленных результатов видно их полное согласование.

В настоящей работе исследовано влияние изменения ширины канала на значения дрейфовых сил, возникающих при продольной качке в канале. Расчеты составляющих сил и моментов волнового дрейфа были выполнены для сухогруза «Новгород», транспортного судна и баржи. Основные характеристики объектов приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Характеристики объектов**

| Объект              | $L$ | $B$   | $T$  | $\delta$ | $\alpha$ |
|---------------------|-----|-------|------|----------|----------|
| Полусфера           | 20  | 20    | 10   | 0,524    | 0,785    |
| Баржа               | 150 | 50    | 10   | 0,9833   | 1        |
| Сухогруз «Новгород» | 138 | 20.6  | 9    | 0,681    | 0,788    |
| Транспортное судно  | 110 | 14.67 | 4,95 | 0,681    | 0,797    |

При продольной качке судна, расположенного посередине канала, возникают только продольно-горизонтальные и вертикальные силы дрейфа, а также дифференцирующий момент.

Полученные результаты показывают, что горизонтальные силы волнового дрейфа имеют отрицательные значения во всем диапазоне частот, а дифференцирующие моменты – положительные, независимо от ширины канала и отношения  $H/T$ . Вертикальные силы волнового дрейфа имеют положительные значения для всех трех судов при  $\pi < 0,5$ . При  $\pi > 0,5$  данные силы становятся отрицательными, т.е. способствуют притапливанию судна.

Так же как и при расположении судна параллельно вертикальной стенке [2], дрейфовые силы имеют несколько «пиков». При



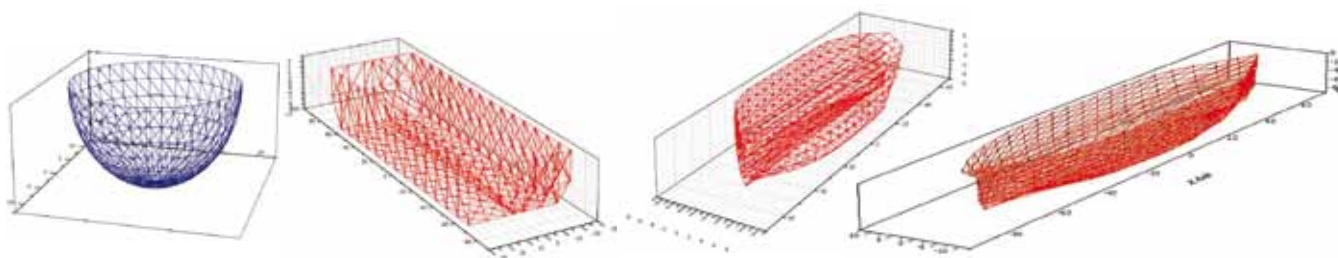


Рис. 1. Аппроксимация объектов треугольными панелями

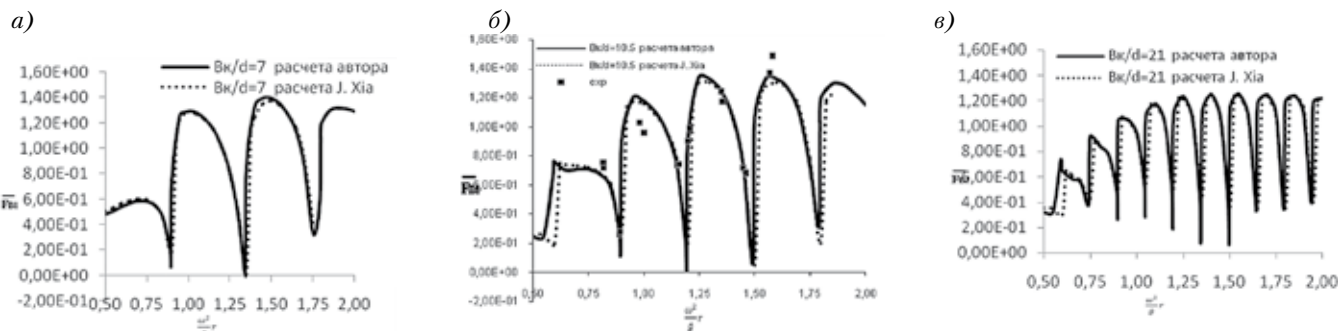


Рис. 2. Значения продольных сил волнового дрейфа для полусферы при различной относительной ширине канала

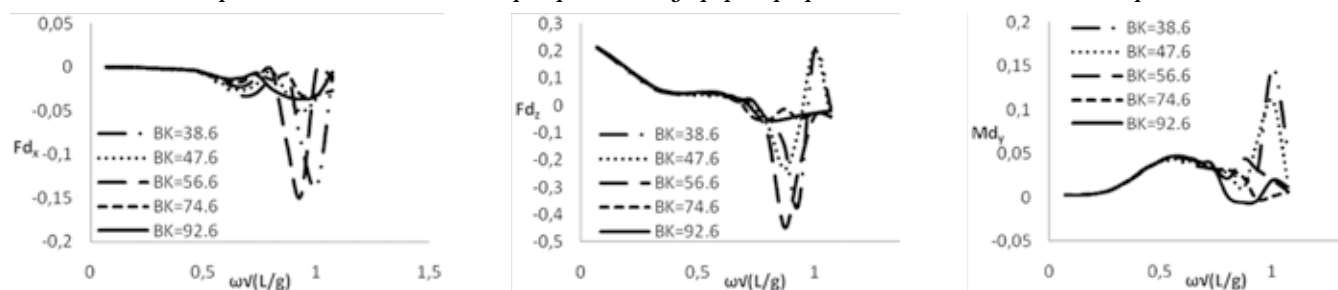


Рис. 3. Значения сил и моментов волнового дрейфа в зависимости от изменения ширины канала для сухогруза «Новгород» при  $H/T=2$

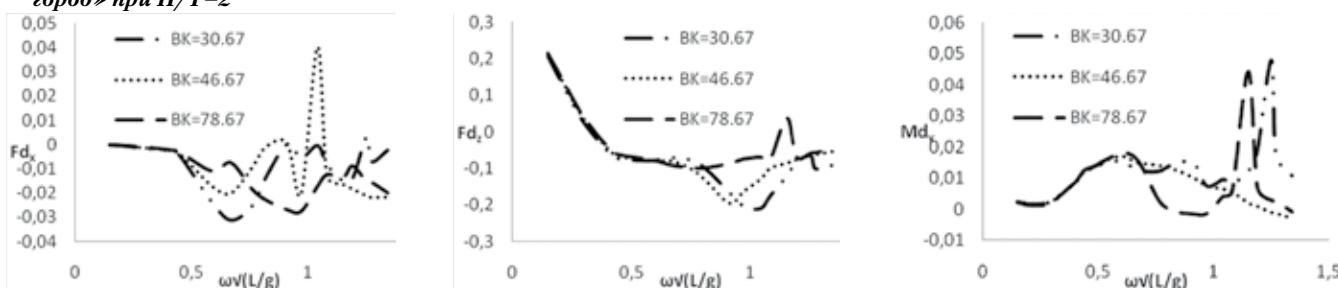


Рис. 4. Значения сил и моментов волнового дрейфа в зависимости от изменения ширины канала для транспортного судна при  $H/T=2$

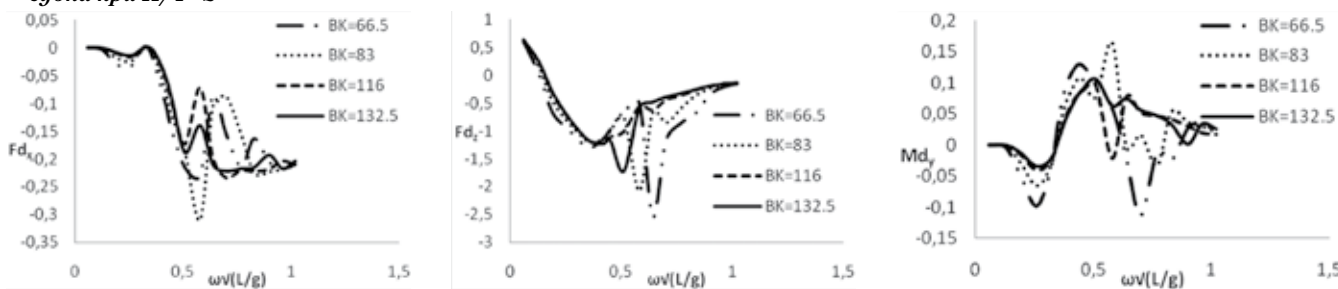


Рис. 5. Значения сил и моментов волнового дрейфа в зависимости от изменения ширины канала для баржи при  $H/T=1,6$

уменьшении ширины канала происходит сдвиг этих «пиков» в зону больших частот (рис. 3 – 5). Кроме этого, происходит некоторое увеличение значений сил и моментов по абсолютному значению в зоне частот  $\omega > 0,5$ . В зоне частот  $\omega < 0,4$  изменение ширины канала при одновременном увеличении относительной глубины практически не влияет на значения сил и момента волнового дрейфа.

Как видим, влияние стенок канала необходимо учитывать в области безразмерных частот  $\omega > 0,5$ , где оно проявляется наиболее значительно.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Семенова В.Ю., Борисов Р.В., Щегорец С.В. Исследование влияния относительной глубины фарватера и курсового угла на силы волнового дрейфа при качке судна на мелководье // Морской вестник. – 2013. – Спец. вып. №2 (125). – С.76–81.
2. Со Моэ Аунг. Определение сил волнового дрейфа при качке судна параллельно вертикальной преграде на мелководье // Морской вестник. – 2012. – Спец. вып. №1 (125). – С.25–28.
3. Wehausen J.V., Laitone E.V. Surface waves. Encyclopedia of Physics. – Berlin, Springer-Verlag, 1960. – Vol.9. – P.446–778.
4. Xia J., Krokstad J.R. Wave forces on a Body in Confined Waters. – 14<sup>th</sup> Australasian Fluid Mechanics Conference, Adelaide University, Australia, 2001.
5. Shen J., Qin H. Tank Green function with partial reflections from side walls. – The 26<sup>th</sup> International Workshop on Water Waves and Floating Bodies, 2011, Athens, Greece, p.177–181.

**Р**азвитие Союза Мьянма, страны в Юго-Восточной Азии, требует создания эффективной инфраструктуры, в состав которой должен входить современный водный транспорт, включающий пассажирские скоростные суда для внутренних водных путей, что необходимо в целях экономического развития страны.

Союз Мьянма (бывш. Бирма) находится в северо-западной части п-ова Индокитай и на прилегающих островах. На западе и северо-западе страна граничит с Бангладеш и Индией, на севере и северо-востоке – с Китаем, а на востоке и юго-востоке – с Лаосом и Таиландом.

Географическое положение Союза Мьянма и климат страны благоприятны для транспортного использования флота. Этому способствуют большая протяженность прибрежной морской полосы и множество речных судоходных путей. На юге и юго-западе страна омывается водами Бенгальского залива и Андаманского моря. Главные судоходные реки Мьянмы Ирравади и Чиндуин. Протяженность судоходных внутренних водных путей достигает 12,8 тыс. км.

Столица страны Янгон (бывш. Рангун) расположена в дельте р. Ирравади, которая является основной водной и торговой артерией страны. По ее берегам имеются речные порты. На рис. 1 показаны порты, расположенные между Янгоном и городом Мандалай.



Рис. 1. Главные порты между городами Янгон и Мандалай

Ниже приведены названия речных портов и их расстояния от столицы страны Янгона.

**Главные порты на р. Ирравади между Янгоном и Мандалаем**

| Порт     | Расстояние от порта Янгон, км |
|----------|-------------------------------|
| Хинтада  | 220                           |
| Мянаун   | 295                           |
| Пьи      | 385                           |
| Таемью   | 452                           |
| Аунлан   | 510                           |
| Минбу    | 653                           |
| Пакоуку  | 740                           |
| Мьянджан | 800                           |
| Мандалай | 912                           |

## ПАССАЖИРСКИЕ ПЕРЕВОЗКИ ВОДНЫМ ТРАНСПОРТОМ В СОЮЗЕ МЬЯНМА

**А. Г. Ляховицкий**, д-р техн. наук, проф.,  
**Лвин Мин Кхант**, аспирант, СПбГМТУ,  
контакт. тел. (812) 494 0969

В последние годы возрастает роль туристических перевозок по р. Ирравади, что требует повышенного внимания прежде всего к качественному состоянию флота. В настоящее время флот состоит главным образом из тихоходных судов, которые не обеспечивают всех потребностей (рис. 2).

рых пассажирских судов, курсирующих по Ирравади.

Начиная с середины XX в. происходили изменения в подходах к выбору типа пассажирских судов. В ряде стран мира, в том числе и в России, был проявлен интерес к судам переходного режима движения, в том числе к многокорпус-



Рис. 2. Пассажирское речное судно «Irrawaddy Princess I»

По Ирравади ходит около 50 пассажирских судов. Правительство страны оказывает планомерную поддержку иностранным туристическим компаниям. Речное путешествие по Ирравади остается лучшим туристическим маршрутом, позволяющим осмотреть практически все достопримечательности страны.

В табл. 1 представлены ранее опубликованные характеристики некото-

рым и особенно к скоростным катамаранам [2,3]. Скоростные катамараны (СК) могут развивать более высокие скорости с использованием следующих физических явлений и конструктивных мероприятий:

- достижение благоприятного взаимодействия волн между корпусами;
- при наличии очень удлиненных корпусов, вызывающих минимальное волнообразование на свободной по-

Таблица 1

**Характеристики пассажирских судов**

| Название судна     | Год постройки и компании | Длина наибольшая $L_0$ , м | Ширина $B$ , м | Осадка $T$ , м | Высота борта $H$ , м | Скорость $V$ , уз | Тип установки     | Мощность, $N$ , кВт | Кол-во пассажиров |
|--------------------|--------------------------|----------------------------|----------------|----------------|----------------------|-------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| «M.V. Myat Yadna»  | Yarrow Co.Ltd, Scotland  | 62                         | 9,8            | 1,2            | 2,3                  | 10                |                   |                     | 120               |
| «RV Mekong Pandaw» | 2003                     | 60                         | 11             | 1,5            |                      |                   | «Isuzu»           | 809,6               | 150               |
| «RV Pandaw II»     | 2001                     | 55                         | 10             | 1              |                      |                   | «Caterpillars»    | 515,2               | 120               |
| «RV Tonel Pandaw»  | 2002                     | 55                         | 10             | 1              |                      |                   | «Cummins Engines» | 580,8               | 120               |
| «RV Pandaw IV»     | 2005                     | 55                         | 10             | 1              |                      |                   | «Cummins Engines» | 580,8               | 120               |
| «Delta Queen»      |                          | 45,5                       | 8,5            | 1,5            |                      |                   |                   |                     | 85                |
| «Pandaw»           |                          | 40                         | 10,5           | 1,7            |                      |                   | «Dorman Engines»  | 368                 | 64                |

БИЗНЕС И ПРАВО



Рис. 3. Пассажирский катамаран «Анатолий Угловский»



Рис. 4. Пассажирский катамаран «Меркурий»

верхности, которое невозможно при однокорпусной конфигурации судна из-за требований остойчивости;

- расположение корпусов над поверхностью воды за счет применения подводных крыльев [4];

- расположение значительного объема водоизмещения корпуса под поверхностью воды у судов с малой площадью ватерлинии или SWATH [5,6].

Применение разнообразных форм корпуса связано с особенностями сопротивления воды движению каждого типа судна. Имеющаяся за последние годы статистика о построенных СК показывает, что их основную часть составляют традиционные СК. Представляется целесообразным использовать имеющийся опыт для развития пассажирских перевозок внутренним водным транспортом Союза Мьянма, который имеет длительную историю развития.

Внутренний водный транспорт ведет свою историю с 1865 г. В настоящее время он подчинен министерству транспорта и насчитывает 413 судов, которые перевозят ежегодно около 15 млн пассажиров и 2 млн т грузов. В стране тропический муссонный климат, отличающийся в разные сезоны, что необходимо учитывать при проектировании судов внутреннего плавания.

Опыт проектирования СК в Российской Федерации полезен для Союза Мьянма. В 70-х гг. прошлого века в СССР проводились систематические исследования развития быстроходных водоизмещающих судов, в том числе СК [7]. В 1975 г. в г. Великий Устюг был построен и спущен на воду первый быстроходный пассажирский катамаран «Анатолий Угловский» (рис. 3) для использования на внутренних водных путях [8]. Этот пассажирский теплоход пассажироместимостью около

300 чел., длиной 47,7 м был предназначен для эксплуатации на мелководных реках с глубинами свыше 1,2 м и на внутренних водоемах без ограничения по погоде [9]. Он развивал скорость свыше 40 км/ч, как на глубокой, так и на мелкой воде.

На теплоходе были пассажирский салон на 142 места, восемь четырехместных кают, расположенных в амортизированном блоке надстройки, имелась также открытая и защищенная от ветра пассажирская площадка на 100 с лишним пассажиров. При массовых перевозках теплоход принимал до 500 пассажиров, осуществлял их посадку и высадку у необорудованного берега. Высокие эксплуатационные качества судна были подтверждены его успешной многолетней эксплуатацией [9].

В настоящее время планируется использование СК на пригородных линиях Санкт-Петербурга, на линии Санкт-Петербург—Зеленогорск.

Скоростной пассажирский катамаран «Меркурий» (рис. 4) вместимостью 70 пассажиров способен развивать скорость до 25 уз, или 45 км/ч. Корпус судна выполнен целиком из стеклопластика. Катамаран собран на петербургской судостроительной фирме «Алмаз» [10]. Теплоход был построен в 2011 г. за восемь месяцев. Руководство судоходной компании, использующей СК, планирует подобными судами заменить «Метеоры».

Российский опыт использования катамаранов позволил решить проблему повышения скорости и качества пассажирского флота, эксплуатирующегося на р. Ирравади. Использование СК повысит привлекательность водных транспортных деловых и других перевозок между городами страны, тяготеющими к бассейну р. Ирравади.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ляховицкий А. Г., Йе Тем 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, NY, USA, 2007, 277p.
4. Ляховицкий А. Г., Сахновский Э. Б., Сахновский Б. М. Проектирование скоростных катамаранов с подводными крыльями // Судостроение. – 2005. – № 2. С. 9–15.
5. Ляховицкий А. Г. Влияние гидродинамики на концептуальное проектирование многокорпусных судов. – Докл. науч.-техн. конф. «Проблемы мореходных качеств судов, корабельной гидромеханики и освоения шельфа». XLV Крыловские чтения, 2013, с. 46–48.
6. Ляховицкий А. Г., Овчинников К. Д. Мореходные качества катамаранов с малой площадью ватерлинии. – Докл. науч.-техн. конф. «Проблемы мореходных качеств судов, корабельной гидромеханики и освоения шельфа». XLV Крыловские чтения, 2013, с. 78–80.
7. Басин А. М., Ляховицкий А. Г. Перспективы развития быстроходных водоизмещающих судов // Речной транспорт. – 1972. – № 6. – С. 36–37.
8. Ляховицкий А. Г. и др. Гидродинамические особенности пассажирского катамарана // Речной транспорт. – 1977. – № 8. С. 39–40.
9. Водными магистралями страны/Под ред. Ю. Н. Горбачева. –Л.: Судостроение. –1985. –192 с.
10. Гасникова В. Речные перевозки морским классом. <http://www.kommersant.ru/doc/1811727.13.12.13>. ■

**В** настоящее время наблюдается постоянное ужесточение требований к морской транспортировке нефтепродуктов и особенно химикатов как в части обеспечения безопасности мореплавания, что, несомненно, является главной и важнейшей задачей на флоте, так и к качеству самой перевозки и хранению груза, цена которого зачастую превышает десятки миллионов долларов. Вследствие этого принимаются и обновляются международные, региональные, национальные документы, регламентирующие морское судоходство, поправки к действующим конвенциям, предусматривающие меры организационного, технического, эксплуатационного, экономического, а также социального характера [1]. Согласно «Международному кодексу по управлению безопасностью» (МКУБ) приняты и внедрены обязательные для каждой судоходной компании «Системы управления безопасностью» (СУБ), сертифицируемые на основе положений гл. IX Международной Конвенции «SOLAS-74» [2].

Предпринимаемые меры дополняются многочисленными схемами контроля, в которые входят освидетельствования государством флага судна, классификационными обществами, портовым контролем, веттинг инспекциями для судов, перевозящих нефтеналивные грузы, особое внимание уделяется оценке комплексной безопасности танкеров-химовозов, инспекция которых проводится по программе «Chemical Distribution Institute» (CDI).

CDI – это химическая промышленная организация, зарегистрированная в соответствии с законодательством Нидерландов как Институт химической продукции и функционирует как некоммерческое предприятие [3], управляется Советом директоров, состоящим из семи лиц, выдвинутых из участвующих в организации 82 крупнейших в мире химических компаний, в число которых входят такие иностранные предприятия, как «BP Chemicals»,

## ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СУДОХОДНОЙ КОМПАНИЕЙ ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ ИНСПЕКЦИЙ ХИМИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА ДИСТРИБУЦИИ

**М. С. Акопов**, аспирант,  
2-й пом. капитана, «Балтик Груп Интернешнл Новороссийск»,  
**Е. В. Хекерт**, д-р техн. наук, проф.,  
проректор ГМУ им. адм. Ф. Ф. Ушакова, Новороссийск,  
контакт. тел. +7 (8617) 71 7454, +7 (988) 314 5563

«Cargill International SA», «Chevron», «Conoco Phillips», «Exxon Mobil», «Koch Industries», «Petrobras», «Shell Chemicals», а также российская компания «Gazprom Global LNG».

Организация CDI осуществляет свою деятельность по трем основным направлениям, представленным на рис. 1:

Основные цели института могут быть сформулированы следующим образом:

- повышение безопасности, надежности и качества выполнения морской транспортировки и хранения химической продукции;
- стимулирование развития передовой практики в области морской перевозки и хранения химических продуктов через сотрудничество с крупнейшими центрами промышленности и образования;
- предоставление детальной информации и рекомендаций по внедрению передовой практики в мировой нефтегазовой промышленности с учетом международного законодательства для потребителей и заинтересованных сторон;
- мониторинг текущего и будущего международного законодательства и доведение опыта, знания и советов от химической промышленности до законодателей;

– обеспечение экономически эффективных систем оценки риска для химических предприятий в рамках таких программ, как «Responsible Care» и «Кодекс распространения практики управления»;

– создание достоверного унифицированного набора надежных и сопоставимых данных контроля химических компаний [3].

Важно отметить, что результаты инспекций судов, прошедших по программе CDI-M отражаются на активной базе данных «European Quality Shipping Information System» (EQUASIS). Государственному портовому контролю стран, участвующих в проекте EQUASIS, предоставлены доступ и возможность извлечения официальной информации об отчетах проверяющих лиц для каждого конкретного танкера.

Основной особенностью прохождения CDI инспекций является то, что в ходе проверки, как правило, судно вне зависимости от уровня подготовки получает не менее 10 обсерваций, тогда как в ходе стандартной веттинг инспекции – четыре–шесть замечаний [4]. Это объясняется специфическим устройством химовозов и газозов, необходимостью соответствия персонала судов квалификационным требованиям и наличием дополнительного образования у командного состава.

Аудиты института проводятся, с одной стороны, практически по идентичной программе «Vessel Particulars Questions» (VPQ). С другой стороны, в процессе проведения инспекции судовой персонал и менеджмент судоходных компаний в большинстве случаев не могут добиться положительного результата. Обозначенное выше противоречие определяет существование проблемы эффективного управления системы «Офис–Судно», которая в целом не может справиться с поставленной задачей успешного прохождения CDI инспекций. Для создания комплексного подхода к решению данной проблемы предлагается рассмотреть процесс орга-

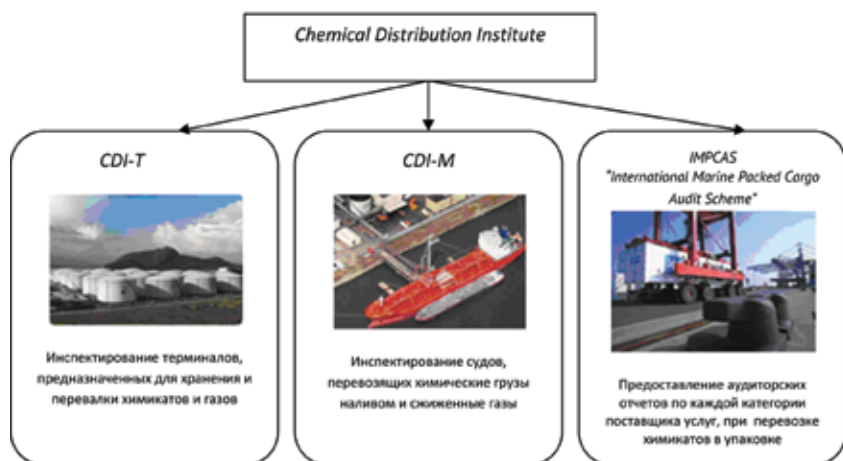


Рис. 1. Схема деятельности Химического института дистрибуции

низации и оценки проверок на танкерах-химовозах.

Окончательные выводы о пройденной инспекции делаются на основании документа «Ship Inspection Report» (SIR), разработанного в рамках программы «Оценка безопасности и качества систем управления морскими перевозками». Этот документ был передан Химическому институту дистрибуции для глобального применения и внедрения в мировой торговый флот, обеспечивающий перевозки химических грузов и сжиженных газов.

Стратегией SIR является предоставление точной и объективной оценки комплексной безопасности судна на момент проведения проверки, которая включает в себя 14 разделов:

- 1) сертификация и управление;
- 2) менеджмент и персонал;
- 3) ходовой мостик;
- 4) швартовные операции;
- 5) грузовые операции;
- 6) машинное отделение;
- 7) операционная безопасность;
- 8) здоровье, безопасность и защита персонала;
- 9) противопожарное оборудование;
- 10) спасательные устройства;
- 11) защита окружающей среды;
- 12) охрана судна;
- 13) корпус и надстройка;
- 14) жилые помещения.

Статистические данные международной организации INTERTANKO по вышеуказанным разделам, а именно отношение суммарного количества замечаний к общему числу проведенных инспекций за календарный год, представлены в таблице [5].

Таблица  
Коэффициент observations по отношению к количеству проверок

| Разделы SIR               | Танкеры | Химовозы | Газовозы |
|---------------------------|---------|----------|----------|
| Сертификация              | 0,62    | 0,50     | 0,27     |
| Менеджмент и персонал     | 0,33    | 0,30     | 0,43     |
| Ходовой мостик            | 0,80    | 0,56     | 0,84     |
| Швартовные операции       | 0,78    | 0,56     | 0,41     |
| Грузовые операции         | 1,03    | 0,71     | 0,84     |
| Машинное отделение        | 1,05    | 1,05     | 0,88     |
| Операционная безопасность | 1,49    | 1,23     | 0,91     |
| Защита окружающей среды   | 0,68    | 0,67     | 0,44     |
| Охрана судна              | 0,14    | 0,24     | 0,29     |
| Корпус и надстройка       | 0,06    | 0,17     | 0,25     |
| Жилые помещения           | 0,44    | 0,51     | 0,36     |

Важно отметить, что раздел «Операционная безопасность» включает в себя главы, связанные как со здоровьем, безопасностью, защитой персонала, так

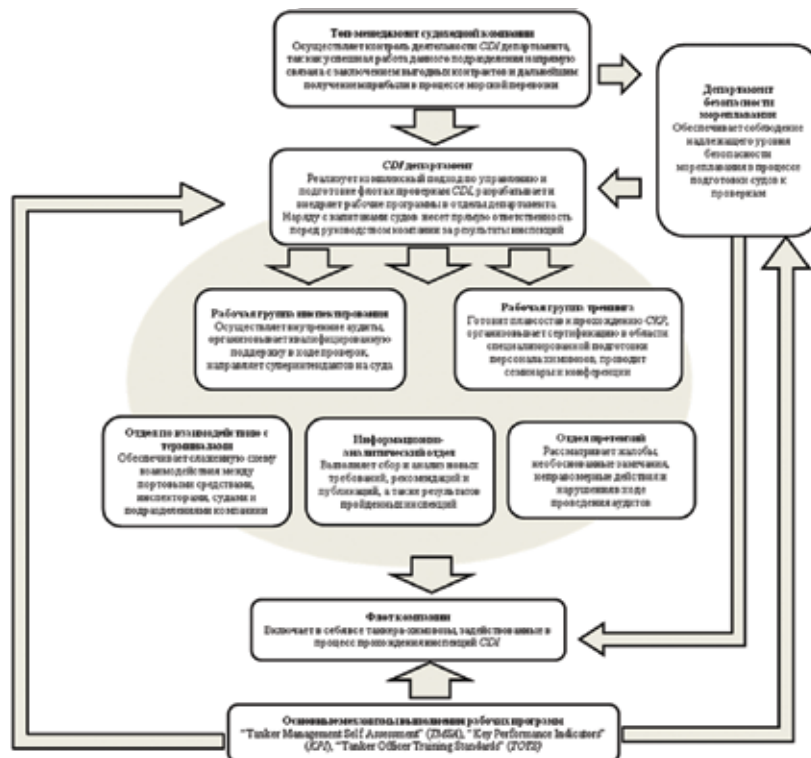


Рис. 2. Организация системы управления судоходной компании при подготовке и прохождении CDI инспекций

и с противопожарным оборудованием и спасательными устройствами. Отсюда следует, что наибольшее количество observations, независимо от типа судна, приходится на аспект управления безопасностью, что доказывает необходимость его усовершенствования, оптимизации и приведения к международным стандартам.

В дополнении ко всему инспектор в ходе проверки может предложить членам командного состава пройти специализированное тестирование на предмет проверки уровня знаний и профессиональной компетенции «Crew Knowledge and Proficiency Testing» (СКР) [6]. Данная процедура хотя и является добровольной и конфиденциальной, имеет свои отрицательные моменты. Так, например, отказ от ее прохождения может неблагоприятно повлиять на результат всего аудита.

Учитывая все вышеизложенные факторы и особенности CDI инспекций, предлагается комплексная схема организации системы управления морскими перевозками при подготовке, прохождении и оценке аудитов Химического института дистрибуции, представленных на рис. 2.

Данная модель представляет собой организацию системы успешного управления морскими перевозками, включающая в себя основные подразделения судоходной компании и схему их взаимодействия в процессе прохождения CDI инспекций.

Резюмируя все сказанное выше, можно сделать вывод, что реализация

проблемы эффективного управления системы «Офис-Судно» может быть гарантирована за счет четкого и слаженного функционирования рабочих групп и отделов CDI департамента при наличии подразделения, осуществляющего надзор за ходом подготовки флота к проверкам. Основными инструментами выполнения разработанных программ являются международные общепризнанные рекомендации INTERTANKO, позволяющие добиться положительных результатов, не ухудшая уровень безопасности мореплавания. А это и является важнейшим приоритетом в процессе осуществления перевозки морем.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Матохин А. В. Принципы анализа рисков при маневрировании судов в портовых водах: Учеб. пособие/Новороссийский государственный морской университет им. адм. Ф. Ф. Ушакова, 2012, 118 с.
2. Консолидированный текст Конвенции СОЛАС-74. СПб.: ЦНИИМФ, 2001, 392 с.
3. URL: <http://www.cdi.org.uk/>
4. URL: <http://www.intertanko.com/>
5. Capt. Howard N. Snaith. Inspection Vetting & Screening. INTERTANKO, London, 2011.
6. Ship Inspection Report for Chemical Tankers and Gas Carriers. – Seventh Ed. – Chemical Distribution Institute, London, 2011.
7. Vessel Particulars Questionnaire for Chemical Tankers and Gas Carriers. – First Ed. – Chemical Distribution Institute, London, 2000. ■

Обновление отечественного флота – одна из важнейших составляющих его конкурентоспособности на мировом рынке. Строительство судов требует значительных инвестиционных средств. Финансирование пополнения флота осуществляется судодолжными компаниями как за счет собственных, так и привлеченных средств инвесторов. К собственным источникам можно отнести амортизационные отчисления, прибыль от работы предприятия, средства от продажи машин и оборудования (эксплуатация которых экономически нецелесообразна и др.). Привлеченными средствами считаются кредиты банков, инвестиционных фондов, лизинговых компаний и других рыночных финансовых структур.

В инвестировании проектов строительства и пополнения флота участвуют, как правило, две стороны. Каждая из сторон преследует свои цели. Инвестор (банк, инвестиционная компания) предоставляет заемные средства под определенную процентную ставку, которая зависит от характера спроса на инвестиционные средства и других факторов. Совпадение спроса с предложением определяет рыночную ставку процента.

При займе средств под реализацию проекта требуется из всех возможных выбрать такой сценарий, при котором минимизируются собственные выплаты на погашение кредитов в установленные сроки. С этой целью составляется контракт, по которому компания возвращает заемные средства. При заключении кредитного соглашения компания может предложить свою схему выплат с помощью разовых платежей, которая отличается по времени от принятой системы равномерных выплат заемных средств. При этом необходимо учесть, что сумма разовых выплат не может быть меньше текущего процента по кредитному соглашению и больше суммы дохода, получаемого компанией за определенный период.

Предлагаемая схема платежей основана на использовании алгоритма оптимальных разовых ежемесячных выплат, который за счет изменения суммарных выплат при каждой процентной ставке позволит уменьшить расходы компании на погашение кредита и расплатиться с кредитором в установленные сроки при соблюдении ограничений, связанных с учетом прибыли предприятия. Ниже предлагается алгоритм оптимизации разовых выплат по взятым кредитным обязательствам, производимых с учетом получаемых предприятием доходов и имеющихся финансовых возможностей у совета директоров.

Алгоритм основан на процедуре оптимизации дискретной динамической системы с квадратичным критерием качества, эквивалентным «энергетическим потерям» на управления, которые минимизируются посредством вектора ежемесячных выплат. Приведена программа, составленная в среде MatLAB, которая позволяет обоснованно и объективно определить разовые ежемесячные выплаты и изменения суммарных выплат при каждой процентной ставке. Остановимся кратко на описании алгоритма и его практической реализации [1].

В основе построения алгоритма лежит модель дискретной системы (рис. 1)

## ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗОВЫХ ВЫПЛАТ ПО КРЕДИТАМ ПРИ ОБНОВЛЕНИИ ФЛОТА

**А. А. Чертков**, канд. техн. наук, доцент,  
**Д. А. Загрединев**, аспирант,  
**Ю. Б. Михайлов**, аспирант,  
ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова,  
контакт. тел. +7 (911) 960 2397, +7 (953) 346 3081

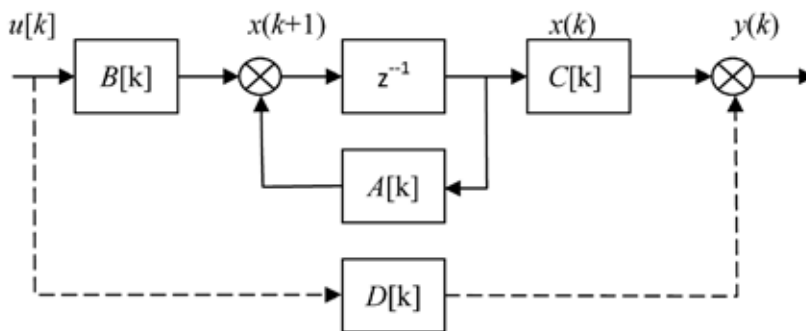


Рис. 1. Дискретная модель объекта в пространстве состояний

$$\begin{cases} X[k+1] = A[k]X[k] + B[k]U[k]; & X[k_0] = x_0; & k = 0, 1, \dots, N \\ Y[k] = C[k]X[k] + D[k]U[k], \end{cases} \quad (1)$$

которой необходимо управлять при заданных значениях  $x(0)$  и  $x(N)$ , где  $x(0)$  – вектор начального состояния,  $x(N)$  – вектор переменных состояния на  $N$ -м шаге решения (1), матрицы  $A[k]$ ,  $B[k]$ ,  $C[k]$ ,  $D[k]$  имеют размерности  $[n \times n]$ ,  $[n \times m]$ ,  $[p \times n]$  и  $[p \times m]$  соответственно. В реальных системах матрица связи  $D$  обычно равна нулю, поэтому в дальнейшем ее учитывать не будем.

Найдем решение системы (1), используя  $z$ -преобразование. Для этого представим (1) в развернутом виде

$$\begin{cases} x_1(k+1) = a_{11}x_1(k) + \dots + a_{1n}x_n(k) + b_{11}u_1(k) + \dots + b_{1m}u_m(k); \\ \dots \\ x_n(k+1) = a_{n1}x_1(k) + \dots + a_{nn}x_n(k) + b_{n1}u_1(k) + \dots + b_{nm}u_m(k). \end{cases}$$

Применим к последним уравнениям  $z$ -преобразование:

$$\begin{cases} z[X_1(z) - x_1(0)] = a_{11}X_1(z) + \dots + a_{1n}X_n(z) + b_{11}U_1(z) + \dots + b_{1m}U_m(z); \\ \dots \\ z[X_n(z) - x_n(0)] = a_{n1}X_1(z) + \dots + a_{nn}X_n(z) + b_{n1}U_1(z) + \dots + b_{nm}U_m(z). \end{cases}$$

В векторно-матричной форме эти уравнения будут иметь вид

$$z[X(z) - X(0)] = AX(z) + BU(z),$$

откуда

$$X(z) = z[zE - A]^{-1}X(0) + [zE - A]^{-1}BU(z), \quad (2)$$

где  $E$  – единичная диагональная матрица  $\text{diag}[1 \dots 1]$ .

Применяя к (2) обратное  $z$ -преобразование, получаем решение в виде

$$X(n) = \Phi(n)X(0) + \sum_{k=0}^{n-1} \Phi(n-1-k)BU(k),$$

где  $\Phi(n)$  и  $\Phi(n-1-k)$  – переходные матрицы состояния, которые по определению равны

$$\Phi(n) = Z^{-1} \{ z[zE - A]^{-1} \} = A^n;$$

$$\Phi(n-1-k) = Z^{-1} \{ [zE - A]^{-1} \} = A^{n-1-k}.$$

Таким образом, получим решение уравнения (1) в общем виде

$$X(n) = A^n X(0) + \sum_{k=0}^{n-1} A^{n-1-k} BU(k). \quad (3)$$

Соотношение (3) можно представить в виде:

$$X(n) = A^n X(0) + \begin{bmatrix} A^{n-1} B & A^{n-2} B & \dots & AB & B \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u(0) \\ u(1) \\ \dots \\ u(n-1) \end{bmatrix}, \quad (4)$$

где

$\begin{bmatrix} A^{n-1} B & A^{n-2} B & \dots & AB & B \end{bmatrix} = D$  – прямоугольная матрица полного ранга. Отличительная особенность (4) состоит в том, что для системы с одним входом может быть найдена наилучшая оценка вектора управления

$$U = [u(0) \ u(1) \ \dots \ u(n-1)].$$

Если  $N = n$ , где  $(n \times n)$  – размерность матрицы состояния, то  $D$  является квадратной матрицей и, следовательно, путем ее инверсии, согласно принципу Заде, может быть получен вектор  $U$ , обеспечивающий максимальное быстродействие или минимальное время перехода из заданного начального в принятое конечное состояние. Без потери общности можно принять  $x(N) = 0$ . Однако при этом будет затрачена максимальная энергия на управление, а минимальное время составит  $k = n$  шагов. В том же случае, когда  $N > n$ , инверсной матрицы не существует. Однако могут быть получены оценки  $U$  с помощью квадратичных методов оптимизации.

Если оценить  $U$  с помощью формулы

$$U = (D \cdot D')^{-1} \cdot D' \cdot [x(N) - A^N \cdot x(0)], \quad (5)$$

то (5) обеспечит минимизацию критерия качества

$$J = \frac{1}{2} U' \cdot U = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{N-1} U^2(i), \quad (6)$$

что соответствует минимальным энергетическим затратам на управление.

Теперь рассмотрим инвестиционную модель замены оборудования в порту. Предположим, что инвестиции в процесс замены оборудования составляют  $x(0) = 18\,000\,000$  долл. США под процентную ставку  $i\%$  годовых. Переходя к оценке ежемесячных платежей по  $n$ -месячному займу и используя запись  $i$  в форме десятичного числа, мы получаем модель, соответствующую уравнению (1) при следующих значениях элементов матриц  $A$  и  $B$ :

$$A = 1 + i/12/100 \text{ и } B = -1. \quad (7)$$

Теперь, задавшись значениями  $i$ ,  $n$  и  $x(0)$  при  $x(n) = 0$ , где  $n$  – время завершения выплат по займу (в месяцах), мы можем получить ежемесячные платежи, отвечающие критерию (6). Иначе говоря, мы можем рассмотреть различные сценарии взаимодействия с инвестором и выбрать наиболее подходящий для предприятия сценарий, основываясь на количественных оценках принятия решения. Для этого предварительно для каждого  $k$ , варьируемого в пределах  $1 \leq k \leq (n-1)$ , необходимо рассчитать

$$D(k) = A^k \cdot B$$

и составить матрицу

$$D = [A^{n-1} \cdot B \ A^{n-2} \cdot B \ \dots \ A \cdot B \ B].$$

Это позволит найти искомым вектор ежемесячных платежей по формуле (5).

Заметим, что величина  $U$  будет отличаться от величины периодического платежа по займу или аннуитету, которая представляет собой постоянное число, определяемое по формулам сложных процентов с учетом времени выплат, размеров инвестиций и годовой процентной ставки. Вычисление размера ежемесячных платежей в этом случае можно выполнить с помощью стандартных функций финансовой аналитики среды MatLab и, в частности, посредством функции `pauper` со следующим синтаксисом:

$$pmt = \text{pauper}(rate, nper, pv, fv, due), \quad (8)$$

где  $pmt$  – размер ежемесячного периодического платежа;  $rate$  – периодическая процентная ставка (десятичное дробное число, большее или равное нулю);  $nper$  – число периодов (месяцев) на протяжении срока финансового инструмента;  $pv$  – текущая стоимость финансового инструмента;  $fv$  – значение будущей

стоимости или остаточной балансовой стоимости финансового инструмента по прошествии прег периодов;  $due$  – указатель момента платежей: 0 – конец периода, 1 – начало периода.

Для анализа предложенной процедуры оптимизации воспользуемся теми же исходными данными, которые приводятся в работе [2]. Для этого проведем расчет разовых платежей с использованием оптимального и неоптимального (с помощью стандартных функций) алгоритмов и оценим выигрыш, получаемый от применения оптимизационной схемы выплат.

Согласно [2] величина кредита равна 36 000 000 долл. США. Процентная ставка варьирует от 2 до 5%. Ежемесячный доход от работы судна 540 000 долл. США. Сумма разовых выплат должна быть ограничена этой величиной.

В результате произведенных программой расчетов получаем возможные варианты взятия кредита с таким условием, чтобы рассчитаться с банком в кратчайший срок. Погасить кредит в 36 000 000 долл. США через шесть лет будет возможно только при процентной ставке 2%, при этом ежемесячные разовые выплаты составят 531 015.91 долл. США, а общая сумма выплат – 38 233 145.37 долл. США.

При сроке погашения кредита в семь лет представляется возможным его погашение при любой из четырех процентных ставок:

- при 2% разовые выплаты – 459 627.66, общая сумма – 38 608 723.58 долл. США,
- при 3% разовые выплаты – 475 678.80, общая сумма – 39 957 019.40 долл. США,
- при 4% разовые выплаты – 492 077.03, общая сумма – 41 334 470.36 долл. США,
- при 5% разовые выплаты – 508 820.73, общая сумма – 42 740 941.03 долл. США.

Эти данные приведены с той целью, чтобы сначала показать, что эти же расчеты можно выполнить и без программы и что в описанной процедуре никакие элементы оптимизации не реализуются. Последнее означает, что могут существовать алгоритмы, обеспечивающие лучшие с позиций заемщика варианты выплат при соблюдении тех же самых ограничений, о которых говорится в статье. Выполним эти же расчеты в режиме прямых вычислений, используя функции `pauper` и `pvfix` инструментария Financial Toolbox среды MatLAB [1]. Первая функция предназначена для расчета периодического платежа по займу или аннуитету, а вторая – для обратных вычислений: определения текущей стоимости потока фиксированных платежей.

С этой целью подготовим исходные данные для использования функций, согласно их синтаксису:

7 лет = 84 месяца. Число периодов  $nrate = 84$ .

Периодическая ставка  $i\%$  соответствует  $rate = i/100$ .

Момент платежей – конец периода.

Семигодовой заем составляет  $pv = 36\,000\,000$  долл. США.

А. Расчет величины периодического платежа  $pmt$  для  $i=2\%$  годовых.

```
>> nrate=84; pv=36000000; i=2/100;
```

```
>> pmt=pauper(i/12, nrate, pv,0,0)
```

```
pmt =
```

```
459627.66
```

```
>> pmt*nrate
```

```
ans =
```

```
38608723.58
```

Проверка решения с помощью функции `pvfix`. Текущая стоимость  $p$ :

```
>> p=pvfix(i/12, nrate, pmt,0,0)
```

```
p =
```

```
36000000.00
```

Б. Расчет величины периодического платежа  $pmt$  для  $i = 3\%$  годовых.

```
>> nrate=84; pv=36000000; i=3/100;
```

```
>> pmt=pauper(i/12, nrate, pv,0,0)
```

```

pmt =
475678.80
>> pmt*nrate
ans =
39957019.40
Проверка решения с помощью функции pvfix. Текущая
стоимость p:
>> p=pvfix (i/12, nrate, pmt,0,0)
P=
36 000 000.00
В. Расчет величины периодического платежа pmt для i=4%
годовых.
>> nrate=84; pv=36000000; i=4/100;
>> pmt=payper (i/12, nrate, pv,0,0)
pmt =
492077.03
>> pmt*nrate
ans =
41334470.36
Проверка решения с помощью функции pvfix. Текущая
стоимость p:
>> p=pvfix (i/12, nrate, pmt,0,0)
p =
36000000.00
Г. Расчет величины периодического платежа pmt для i=5%
годовых.
>> nrate=84; pv=36000000; i=5/100;
>> pmt=payper (i/12, nrate, pv,0,0)
pmt =
508820.73
>> pmt*nrate
ans =
42740941.03
Проверка решения с помощью функции pvfix. Текущая
стоимость p:
>> p=pvfix (i/12, nrate, pmt,0,0)
p =
36000000.00
Расчеты с помощью функций – это обычные расчеты
финансовых операций, не содержащие оптимизационных
процедур, но широко используемые в зарубежном финан-
совом менеджменте. Полученные расчетные данные точ-
но соответствуют тем, которые приведены в статье [1], что
свидетельствует о корректности выполненных операций
и о том, что программа, о которой говорится в статье, вы-
полняет те же функции.
Для проведения расчетов разовых платежей по оптими-
зационной схеме на основе рассмотренного алгоритма (1)
– (6) разработана программа в кодах MatLab, позволяющая
получить значения общих сумм выплат по кредиту при тех же
исходных данных с сохранением тех же ограничений.
Приведем файл для реализации алгоритма. Он имеет на-
именование sah378a.m.
% Файл "sah378a.m", реализующий алгоритм оптимизации вы-
плат.
% i-ставка процента; n-число периодов.
% x0-банковский кредит.
n=84;
% Граничные условия:
xp=0; x0=36.0 e06;
% Задать значение i:
i=2;
A=(1+(i/(12*100))); B=-1;

```

```

% =====
% Решение по оптимальному алгоритму:
k=(n-l):-l:l;
g=(A.^k)*B;
G=[g B];
format bank
u=inv (G*G')*G* (xp-A^n*x0);
%Вектор ежемесячных выплат.
u
% Общая сумма выплат в оптимальном режиме.
Z=sum (u')
% Обычные выплаты, принятые в статью.
pmt=payper (0.01*i/12,84,36e06,0,0);
Z1=pmt*84
% Экономия средств за счет оптимизации:
D=Z1-Z
W4=Z1-Z
% Проверка решения.
PresentVal==pvfix (0.01*i/12,84, pmt, 0, 0);
format short
Наибольшее и наименьшее значения ежемесячных вы-
плат по кредиту:
$491 313.41 и $427 889.10.
Приведем расчетные значения общих сумм выплат
по кредиту и их разности. Эти данные получены для раз-
личных процентных ставок и представлены векторами W1
(2%), W2 (3%), W3 (4%) и W4 (5%). Первый элемент каждого
вектора – общая сумма при уплате по схеме, предложен-
ной в статье. Второй элемент – общая сумма при уплате
по оптимальной схеме. Третий элемент представляет соб-
ой разность этих чисел, которая характеризует эффект
от оптимизации.
W1 (2%)= [38608723.58 38545899.46 62824.12],
W2 (3%)= [39957019.40 39811205.79 145813.61],
W3 (4%)= [41334470.36 41067440.48 267029.88],
W4 (5%)= [42740941.03 42311735.21 429205.82].

```

Результаты вычислений представляются в банковском формате.

Оптимальный режим характеризуется изменениями от шага к шагу размера ежемесячных платежей, за счет чего достигается снижение объема выплат:

при годовой ставке 5% – на 0.81%,  
при годовой ставке 6% – на 1.19%,  
при годовой ставке 7% – на 1.66%,  
при годовой ставке 8% – на 2.21%,  
при годовой ставке 9% – на 2.86%.

Таким образом, на основе представленного вычислительного алгоритма и программы в кодах MatLAB, можно оперативно осуществлять выбор такого сценария, при котором минимизируются собственные выплаты на погашение кредитов, а также сокращаются сроки их погашения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Мироновский Л.А., Петрова К.Ю.* Введение в MATLAB. Учеб. пособие. – СПб.: СПбГУАП, 2005. – 122 с.
2. *Токмаков Ю.Г.* Автоматизированный выбор оптимального варианта выплат по кредитам при обновлении флота. – Изв. вузов. Сев.-Кавказ. регион: Проблемы водного транспорта, разд.: Техн. науки. 2003. – Спецвып.
3. *Березина А.В., Речкунова Л.С.* Оптимизация платежного графика по кредитам с применением надстройки MS Excel «Поиск решения». – Мат-лы IV межвузов. науч.-практ. конфер. «Математические методы и информационные системы в экономике»/Финансовый университет при Правительстве РФ. Барнаульский филиал, 2013. – 54 с. ■



**В**о второй половине 70-х гг. в Советском Союзе после перерыва в более чем 25 лет возобновилась постройка ракетно-артиллерийских кораблей. Этот перерыв в значительной степени объясняется недооценкой роли артиллерии и перспектив ее дальнейшего совершенствования.

В 1970-е гг. срок службы эскадренных миноносцев (ЭМ) пр. 30бис и пр. 56, основных отечественных кораблей этого класса, вступивших в строй в 1950-е гг., начал приближаться к предельному. Вместе с тем ЭМ, оснащенные 130-мм артиллерийскими установками Б-2ЛМ и СМ-2-1, являлись наиболее универсальными кораблями, способными бороться как с морскими, так и с береговыми целями. Возникла потребность создания ЭМ нового поколения, имеющего наряду с ракетным мощное артиллерийское вооружение. В этой связи следует отметить, что в Ленинграде, на заводе «Арсенал», с 1967 г. создавалась 130-мм механизированная артиллерийская установка палубно-башенного типа, опытный образец которой был отстрелен на полигоне в 1976 г. Главным конструктором этой установки был выдающийся конструктор Е.И. Малишевский, который возглавлял эти работы от первых проработок до успешной сдачи на корабле в 1987 г.

Отработка 130-мм установки осуществлялась в несколько этапов:

- баллистика была отработана на базе одноствольной установки А-217 в полигонных условиях;
- скорострельность и системы подачи, обеспечивающие ее, – на двухствольной установке А-218 в полигонных условиях.

Окончательно установка с системой подачи снарядов из погребов боезапаса отработывалась на головном корабле пр. 956 «Современный».

Артиллерийский комплекс 130-мм калибра по огневой производительности не имеет аналогов в мировом кораблестроении. Совместно с системой обнаружения «Лев-218» и дальномерным визирным устройством (ДВУ) он обеспечивает поражение воздушных целей, надводных целей и огневую обработку берега во время десантных операций.

В предэскизном проектировании были рассмотрены различные варианты корабля, в том числе с использованием в качестве ударного ракетного оружия комплексов П-15, П-120 и «Москит». Окончательно был принят вариант с ударным ракетным комплексом «Москит» в составе двух пусковых установок (счетверенных) и восьми ударных ракет. Опытный образец комплекса «Москит» отработывался на ракетном катере пр. 1241. Однако из-за специфических

## ЭСКАДРЕННЫЙ МИНОНОСЕЦ ПРОЕКТА 956 «САРЫЧ»

**В. Е. Юхнин**, д-р техн. наук, проф., академик Российской инженерной академии, ген. конструктор ОАО «Северное ПКБ» (1979–2012 гг.), контакт. тел. (812) 936 7132, 784 7674

требований к установкам на эсминце (иные параметры качки, требования по ПАЗ, количество ракет в пусковой установке (ПУ) и др.) этот комплекс создавался практически заново. Пусковые установки были проверены на полигоне бросковыми стрельбами и окончательно испытаны на головном корабле. Все работы по ударному комплексу «Москит» проводились под руководством талантливого генерального конструктора И.С. Селезнева.

Две счетверенные ненаводящиеся ПУ противокорабельного ракетного комплекса «Москит» защищены противосколочной броней. Маловысотная противокорабельная ракета (ПКР) ЗМ-80 «Москит», созданная МКБ «Радуга» под руководством И.С. Селезнева, обладает сверхзвуковой скоростью (соответствует М-2,8) и дальностью стрельбы до 120 км. Система управления позволяет за 30 секунд выполнить ракетный залп из всех восьми пусковых труб.

Основным комплексом противовоздушной обороны (ПВО) на корабле были принят ракетный комплекс М-22 («Ураган»), главный конструктор Г.П. Волгин, который прошел испытания на большом противолодочном корабле (БПК) «Проворный» пр. 61, переоборудованным по пр. 61Э. Этот комплекс прошел всесторонние испытания на Черном море, были принят на вооружение и впоследствии установлен на кораблях пр. 956.

В результате успешного выполнения работ по комплексам управляемого ракетного оружия (УРО) «Москит», артиллерийской установки А-218 и комплекса ПВО «Ураган» появилась возможность создания корабля пр. 956.

Главным конструктором корабля с 1973 г. до декабря 1974 г. был В.Ф. Аникийев, которого позже назначили началь-



**И. И. Рубис** – главный конструктор корабля

ником Невского ПКБ, а разработку проекта в качестве главного конструктора продолжил талантливый инженер-конструктор И.И. Рубис, работавший у него заместителем. Заместителями главного конструктора были также Ю.Т. Васильев, Ю.В. Шварев, работавшие позже в Минсудпроме, а также Ю.П. Романов и Б.П. Дегтярев.

Игорь Иванович Рубис (1932–1999) в Северном ПКБ работал с 1956 по 1999 г. Занимал должности конструктора, начальника сектора, начальника отдела, заместителя главного конструктора (1973 г.), главного конструктора (с 1974 г.). Специалист по теории корабля, качке и управляемости, корабельной архитектуре. Принимал личное участие в проектировании, строительстве и испытаниях кораблей пр. 1134, 1134А. В 1988 г. И.И. Рубису присуждена Ленинская премия.

В качестве противолодочного вооружения на корабле размещены два двухтрубных 533-мм торпедных аппарата, установленных по бортам, и две РБУ-1000, размещенные на надстройке, в районе вертолетной площадки. Целеуказание торпедному и бомбовому оружию осуществляется от гидроакустического



*Эскадренный миноносец пр. 956*

комплекса МГ-335 с антенной в носовом бульбовом обтекателе.

Кроме того, на корабле предусмотрено временное базирование вертолета «Ка-27», предназначенного как для борьбы с подводными лодками, так и для выдачи целеуказания ракетному комплексу «Москит». Вертолет размещается в раздвижном ангаре оригинальной телескопической конструкции, сформированном за дымовой трубой.

В эскизном проекте было проработано два варианта энергетической установки: газотурбинной и паротурбинной. Первая установка имела преимущества по экономичности (ок. 20 %) и массогабаритным показателям. Второй вариант обеспечивал более низкие эксплуатационные затраты и оптимальное размещение вооружения, так как появилась возможность создать одну дымовую трубу от двух эшелонов ГЭУ. При рассмотрении эскизного проекта предпочтение было отдано котлотурбинной установке (КТУ). Одним из доводов в пользу такого решения стала ограниченность производственной базы газотурбостроения того времени. Предполагалось также повысить экономичность КТУ и снизить ее массогабаритные показатели за счет использования прямоточных котлов. Однако опытная отработка этих котлов на стенде показала их невысокую эксплуатационную надежность, поэтому в дальнейшем в проекте были приняты котлы с естественной циркуляцией. Следует сказать, что эсминцы пр. 956 стали единственными в мире кораблями третьего поколения с КТУ.

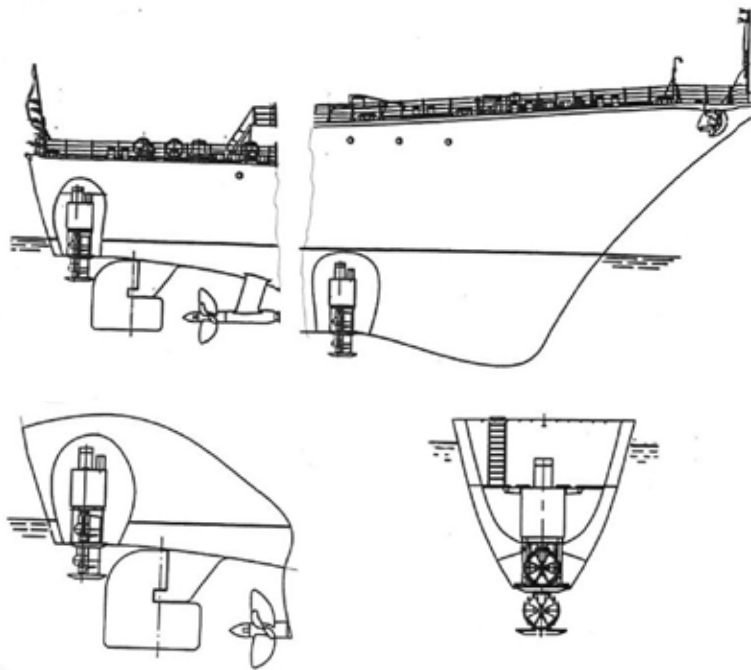
Для улучшения характеристик управляемости на скоростях до 6 уз в оконечностях корабля были размещены две выдвижные винторулевые колонки. Это удачное конструктивное решение позволило эсминцам пр. 956 не только швартоваться в любых условиях, но и двигаться аварийным ходом в 3 уз.

Корабль может отходить от стенки и подходить перпендикулярно к ней при работе двух подруливающих устройств или отходить от стенки носом или кормой и затем выходить на свободную акваторию вперед или назад. Можно только сожалеть, что такие устройства не были установлены на всех кораблях третьего поколения (пр. 1155, 1164, 1144 и 1135.6).

Уменьшение амплитуд бортовой качки достигается за счет использования активного успокоителя качки с двумя выдвижными бортовыми рулями.

Для экипажа предусмотрены комфортабельные каюты и кубрики, оборудованные системой кондиционирования воздуха, как и служебные помещения, боевые посты, а также погреба боезапаса.

В 1981–1982 гг. в Северном ПКБ был выполнен ряд проектных исследова-



*Носовое и кормовое подруливающие устройства корабля*

ований по дальнейшему совершенствованию боевых и эксплуатационных возможностей корабля, а также установки на нем новых образцов вооружения и техники. Главное внимание по механической части было уделено возможности замены КТУ на газотурбинную. Тогда же был рассмотрен и целый ряд возможных изменений состава вооружения. Прежде всего это относилось к составу средств противолодочной обороны (ПЛО). Были проработаны варианты размещения на корабле более мощных и современных гидроакустических комплексов, позволяющих существенно увеличить дальность и точность обнаружения целей. Кроме того, рассматривались варианты усиления состава авиационного комплекса с базированием на корабле двух противолодочных вертолетов с соответствующим боезапасом.

В дополнение к зенитно-ракетному комплексу (ЗРК) коллективной обороны «Ураган» на модернизированных кораблях пр. 956 предусматривалось размещение от двух до четырех модулей ЗРК самообороны (типа «Кортик»).

Для улучшения возможностей освещения воздушной и надводной обстановки и обеспечения целеуказания оружию прорабатывались варианты размещения на корабле второго антенного поста радиолокационной системы общего обнаружения. Однако результаты анализа военно-экономической эффективности показывали, что создание многоцелевого корабля методом простой интеграции в одном корпусе всех видов вооружения – очень дорогой путь решения этой сложной задачи. Практически в то же время строились большие противолодочные корабли пр.

1155, которые были близки по водоизмещению к ЭМ пр. 956 (табл. 1), но на них не было возможности установить комплекс УРО «Москит», так как на корабле уже были побортно размещены пусковые установки комплекса УРПК «Метель». Выход был найден после создания и успешных испытаний на корабле пр. 11442 универсальных ракетаторпед «Водопад-НК», которые могли выстреливаться из универсальных ракетаторпедных пусковых установок (УРТ ПУ), которые легко размещались побортно на местах установки торпедных аппаратов. Именно это и позволило создать универсальный корабль УРО и ПЛО пр. 11551 «Адмирал Чабаненко», на котором 533-мм торпедные аппараты были заменены на универсальный противолодочный комплекс «Водопад», а две 100-мм артиллерийские установки АК-100 – на одну 130-мм двуствольную установку АК-130.

Подводя итоги, можно сказать, что ракетно-артиллерийский корабль – эскадренный миноносец пр. 956 по совокупности тактико-технических элементов существенно превосходил как находящиеся в то время в составе ВМФ СССР близкие по назначению корабли, так и иностранные эскадренные миноносцы-аналоги.

В частности, при решении возложенных на него задач корабль пр. 956 превосходил корабль-аналог эскадренный миноносец ВМС США типа «Спрюэнс»: – по огневой поддержке десанта в 2,5–3,0 раза; – по уничтожению надводных кораблей в 2 раза; – по обеспечению ПВО кораблей и транспортов в 1,5–2,0 раза.

**Тактико-технические характеристики ЭМ пр. 956, БПК пр. 1155 и БПК пр. 11551**

Таблица 1

| Характеристика                             | пр. 956                            | пр. 1155             | пр. 11551          |
|--|------------------------------------|----------------------|--------------------|
| Водоизмещение стандартное /полное, т       | 6500/7940                          | 6840/7480            | 6900/7650          |
| Скорость хода полного/экономического, уз   | 32,0/18,0                          | 29,5/14,0            | 29,5/14,0          |
| Дальность плавания, мили                   | 5000(18)                           | 3280(14)             | 3000(14)           |
| Тип ГЭУ, мощность, л.с                     | КТУ( 100000)                       | ГТУ 62000            | ГТУ 6200           |
| Вооружение:                                |                                    |                      |                    |
| противокорабельное                         | 2×4 ПУ ПРК «Москит»                |                      | 2×4 ПУ «Москит»    |
| противолодочное                            |                                    | 2×4 ПУ УРК «Раструб» |                    |
| зенитное                                   | 2×1 ПУ ЗРК «Ураган»                |                      | 2 ЗРК «Кинжал»     |
| артиллерийское                             | 2×2-130 2х630                      | 2×1 100-мм           | 1×2-130            |
| противолодочное                            |                                    |                      | УПЛК «Водопад»     |
| торпедное                                  | 2×2, 533                           | 2×4, 533             |                    |
| бомбовое                                   | 2 РБУ-1 000                        | 2 РБУ-6000           |                    |
| авиационное                                | 1 вертолет временно-го базирования | 2 вертолета          | 2 вертолета        |
| ГАС  | МГК-335МС «Платина»                | ГАС «Полином» с БУ   | ГАС «Полином» с БУ |
| РЛС обнаружения воздушных и наземных целей | МР-710                             | МР-320 МР-320В       | МР-320 МР-320В     |
| Средства радиоэлектронной борьбы (РЭБ)     | Набор средств                      | Набор средств        | набор средств      |

(зав. № 879 и 880). Оно предназначалось для линейных перевозок пассажиров и выполнения кратковременных круизных рейсов.

Пассажиrow предполагалось размещать в 11 каютах-«люкс», 18 одноместных каютах и в 205 каютах, рассчитанных на два человека. Кроме того, на судне предусматривались два ресторана на 360 мест, четыре бара, казино, помещение игровых автоматов, видеосалон, зал спортивных тренажеров, две сауны, пляж «лидо» и универсальный магазин. К счастью, этот проект остался неосуществимым, так как в рамках военно-технического сотрудничества с КНР был разработан проект ЭМ 956Э, на базе ЭМ типа «Современный», по проекту которого было построено 17 кораблей для отечественного ВМФ (табл. 2).

Основополагающий документ – Указ Президента РФ о продаже Китаю двух недостроенных эсминцев пр. 956Э – был подписан в ноябре 1992 г., но реальная разработка технического корректированного проекта началась только в 1997 г. Главным конструктор – И.И. Рубис, заместители главного конструктора – И.М. Шрамко, В.И. Голяк и Ю.П. Романов.

Комплектация корабля оружием, вооружением и техническими средствами была предварительно утверждена решением ГК ВМФ и Госкомоборонпрома РФ. Указом Президента РФ дополнительно был утвержден перечень образцов вооружения и военной техники, допущенных к передаче за рубеж в составе корабля пр. 956Э.

И все же этот корабль существенно уступал американским аналогам при решении задач ПЛО и по средствам обнаружения, и по средствам поражения. Создание корабля пр. 11551 было, по существу, достойным ответом американским «Спрюэнсам» и «Киддам». К сожалению, в результате «перестройки» по этому проекту был построен только один корабль, корпус второго корабля и секции третьего разрезали на металл.

В конце 1980-х гг. в Северном ПКБ начались работы над пр. 956У (эсминец с усиленным составом вооружения). Главным конструктором этого корабля оставался И.И.Рубис. Рассматривалось несколько вариантов модернизированного корабля. Первый вариант отличался от базового тем, что вместо ПУ для ПКР «Москит» размещались наклонные универсальные ПУ (УПУ) С-403 для 16 ПКР. Второй вариант должен был иметь вместо кормовой 130-мм установки АК-130 универсальную вертикальную пусковую установку (УВПУ) ЗС-14 на 16 ракет. Наконец, третий вариант предусматривал размещение только кормовых УВПУ типа ЗС-14 на 24 ракеты. В УПУ и УВПУ предполагалось разместить ракеты «Оникс» и «Калибр» в любой комплектации. Целеуказание для ПКР предполагалось обеспечить от нового радиолокационного комплекса, устанавливаемого вместо РЛК «Минерал» (КРС-27).

РБУ-1000 и все аргустановки АК-630М на модернизированных кораблях предполагалось заменить на два боевых модуля зенитно-артиллерийского комплекса (ЗРАК) «Кортик» для первого и второго вариантов или четыре боевых модуля для третьего варианта. При этом

стандартное водоизмещение ЭМ должно было возрасти до 6700–6750 т.

Однако, несмотря на то, что к концу 1991 г. все проектные работы были выполнены, достройка кораблей по пр. 956У из-за отсутствия финансовых средств не велась. В этих условиях для недостроенных эсминцев начали искать новое назначение.

В 1993 г. в Северном ПКБ была выполнена переработка пассажирского судна на базе корпусов кораблей пр. 956

**Основные этапы постройки эскадренных миноносцев пр. 956 на ССЗ им. А.А. Жданова (ОАО «СЗ «Северная верфь»)**

Таблица 2

| Название корабля            | Зав. № | Заложен    | Вступил в строй ВМФ              |
|-----------------------------|--------|------------|----------------------------------|
| «Современный»               | 861    | 03.03.1976 | 25.12.1980                       |
| «Отчаянный»                 | 862    | 04.03.1977 | 30.09.1982                       |
| «Отличный»                  | 863    | 22.04.1978 | 29.09.1983                       |
| «Осмотрительный»            | 864    | 27.10.1978 | 30.09.1984                       |
| «Безупречный»               | 865    | 28.01.1981 | 06.11.1985                       |
| «Боевой»                    | 866    | 26.03.1982 | 28.09.1986                       |
| «Стойкий»                   | 867    | 28.09.1982 | 30.12.1986                       |
| «Окрыленный»                | 868    | 16.04.1983 | 30.12.1987                       |
| «Бурный»                    | 869    | 04.11.1983 | 30.09.1988                       |
| «Гремящий»*                 | 870    | 23.11.1984 | 30.12.1988                       |
| «Быстрый»                   | 871    | 19.10.1985 | 30.09.1989                       |
| «Расторопный»               | 872    | 15.08.1986 | 30.12.1989                       |
| «Безбоязненный»             | 873    | 08.01.1987 | 28.11.1990                       |
| «Безудержный»               | 874    | 24.02.1987 | 25.06.1991                       |
| «Беспокойный»               | 875    | 18.04.1987 | 28.12.1991                       |
| «Настойчивый»               | 876    | 07.04.1988 | 28.12.1992                       |
| «Бесстрашный»**             | 877    | 06.05.1988 | 30.12.1993                       |
| «Важный» («Hangzhou»)       | 878    | 04.11.1988 | 23.05.1994 спуск                 |
| «Вдумчивый» («Fuzhou»)      | 879    | 22.04.1980 | 30.12.1999 приемный акт подписан |
| «Внушительный» («Tai Zhou») | 891    | -          | Ноябрь 2005, передан Китаю       |
| «Вечный» («Ninbo»)          | 892    | -          | Октябрь 2006, передан Китаю      |

\*До 14.10.1982 г. – «Ведущий».

\*\*Бывш. «Московский комсомолец».

В то время, когда было принято решение о продаже Китаю двух эсминцев пр. 956Э, ВМФ России уже не мог финансировать достройку последних трех кораблей, находящихся в постройке на заводе «Северная верфь». На продажу были предложены два недостроенных корабля:

- эсминец «Важный» (зав. № 878), заложен 4 ноября 1988 г., спущен на воду 23 мая 1994 г.;
- эсминец «Вдумчивый» (зав. № 879), заложен 22 апреля 1989 г.;
- эсминец «Буйный» (зав. № 880), который был заложен в 1991 г., разрезан на стапеле.

Министерство внешнеэкономических связей России, Министерство обороны России, ГК «Росвооружение» с привлечением судостроительного завода «Северная верфь» и Северного ПКБ, а также ведущих предприятий отрасли начали интенсивную работу по продвижению на внешний рынок кораблей пр.956Э. Предпринимались поездки в Китай, организовывались презентации, переговоры, визиты на заводы-строители кораблей ВМФ России, проводились показательные стрельбы на полигонах и кораблях ВМФ, китайские специалисты посещали предприятия, которые разрабатывали вооружение и комплектующее оборудование. Северное ПКБ должно было учитывать все предлагаемые изменения и дополнения покупателя для принятия согласованных решений и оформления контрактных документов. Эта огромная работа увенчалась успехом – в июле 1997 г. было подписано межправительственное соглашение между Россией и Китаем, а в ноябре 1997 г. – контракт на строительство и поставку в Китай двух эсминцев пр. 956Э.

В конце 1997 г. перед Северным ПКБ стояла сложная задача по обеспечению завода «Северная верфь» рабочей, приемо-сдаточной и эксплуатационной документацией. Срок сдачи первого корабля для ВМС Китая был определен контрактом 1999 г. Казалось бы, корабль на экспорт поставлялся практически серийный, на который уже имелась техническая документация. На самом деле все оказалось сложнее.

Необходимо было срочно разработать технический проект экспортного корабля с учетом требований контракта совместно с предприятиями-разработчиками вооружения и технических средств. Одновременно с разработкой технического проекта велась корректировка и разработка новых рабочих чертежей. Северное ПКБ также разрабатывало и передавало инозаказчику общепроектную и эксплуатационную документацию (не только на бумаге, но и в электронном виде) для перевода на китайский язык и обучения экипажей.

Поскольку китайской стороне было решено передать последние два недостроенных, но уже находившихся на плаву корабля серии, в целом на них сохранилось все основное оборудование, но только в экспортном варианте (с применением стандартов, радиочастот и т.п., соответствующих требованиям ВМС покупателя). Принципиальным отличием от исходного проекта стало лишь размещение дополнительных средств радиоэлектронной борьбы, а также нового автоматизированного комплекса радиосвязи.

Одновременно с корректировкой технического проекта и выпуском новых рабочих чертежей бюро также разрабатывало и передавало заказчику общепроектную документацию для обучения личного состава и подготовки экипажа.

Согласно контракту, первоначально корабли должны были проходить испытания экипажами Российского ВМФ и заводскими командами. Только после завершения всех испытаний, включая контрольный выход в море и ревизии механизмов, эсминцы передавались китайскому экипажу, подготовка которого велась в учебных центрах России.

В связи с особенностями передачи кораблей их снова ввели в списки ВМФ России под прежними именами – «Важный» (зав. № 878) и «Вдумчивый» (зав. № 879). 30 декабря 1999 г. был подписан приемный акт на первый эсминец для китайских ВМС, а 25 ноября 2000 г. на второй. При этом «Важный» получил наименование «Hangzhou» и бортовой номер 136, а «Вдумчивый» – «Fuzhou» и бортовой номер 137.

25 декабря 1999 г./ на корабле зав. № 878 в торжественной обстановке был спущен Андреевский флаг и поднят флаг ВМС Китая. Официальные лица ВМС НОАК и ГК «Росвооружение» подписали акт приемо-передаточных испытаний.

В начале января 2000 г. корабль с бортовым № 136 ушел с завода. В городе Балтийске был загружен боезапас, и корабль ушел к постоянному месту базирования в Китай, совершив беспрецедентный переход через 13 морей и три океана, при этом вся техника вела себя безукоризненно.

Строительство и передача китайским ВМС второго корабля пр. 956Э (зав. № 879) «Fuzhou» шли уже по отработанной схеме, 25 ноября 2000 г. был подписан акт приемо-передачи эсминца. Переход этого эсминца (бортовой № 137) осуществлялся по тому же маршруту, что и первого эсминца и уже в конце января 2001 г. корабль пришел на Чжоу Шань. Встреча корабля прошла в торжественной обстановке. Отказов корабельной техники во время перехода также не было. Корабль вошел в состав Восточного флота ВМС НОАК.

Успешный опыт российско-китайского сотрудничества в области разра-

ботки и передачи китайской стороне двух эсминцев пр. 956Э позволил в 2002 г. заключить новый контракт на проектирование и строительство еще двух кораблей по откорректированному пр. 956ЭМ, имеющих усовершенствованные комплексы ударного и зенитно-артиллерийского вооружения, а также системы автоматизации управления вооружением и энергетической установкой.

С 2002 по 2005 г. Северное ПКБ работало рабочий проект, а также программы и методики проведения испытаний ЭМ пр. 956ЭМ.

При этом был учтен опыт эксплуатации предыдущих кораблей в южных широтах, а также внесен ряд существенных конструктивных усовершенствований, направленных на повышение боевой устойчивости эсминца, эксплуатационных характеристик его оружия и технических средств.

На кораблях пр. 956ЭМ было оптимизировано взаимодействие корабельного вооружения в целях решения задач противовоздушной, противолодочной обороны и нанесения ракетного удара по корабельным группировкам противника. Эсминцы получили усовершенствованный ударный ракетный комплекс «Москит МВБ», ЗРАК «Каштан» и было реализовано постоянное базирование вертолета «Ка-28».

Проведенные испытания корабля подтвердили эффективность принятых проектных решений. Головной ЭМ пр. 956Э «Tai Zhou» успешно передан ВМС Китая в ноябре 2005 г., второй – «Ninbo» – в октябре 2006 г.

Необходимо отметить, что паротурбинная установка на кораблях пр. 956 и его модификаций для ВМС Китая стала «лебединой песней» паротурбинных кораблей ВМФ России, которая началась с паротурбинной установки знаменитого «Новика» в 1911 г. и почти сто лет была основной для крупных надводных кораблей отечественного флота.

За создание нового эскадренного миноносца для ВМФ России многие специалисты Северного ПКБ были награждены орденами и медалями СССР, главный конструктор проекта И.И. Рубис удостоен почетного звания лауреата Ленинской премии, а его заместители Ю.П. Романов и Б.П. Дегтярев – лауреатов Государственной премии.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Вместе с флотом России: К 65-летию ОАО «Северное ПКБ» / Под общей ред. В.И. Спиридопуло. Председатель ред. совета В.Е. Юхнин. – СПб «Информ ВС», 2011.
2. Белоголов ВВ., Терентьев А.А. Материалы по истории Северного ПКБ: Создание ракетных кораблей третьего поколения, 1997.
3. Голяк В.И. Военно-техническое сотрудничество с Китаем в области БНК. – Рукопись 2003 г. ■



# МОРФЛОТ КОНЦЕРН



**МОРФЛОТ**  
ТЕХНОЛОГИЯ

Мюльхан Морфлот 

Антикоррозионная и огнезащита в военном и гражданском судостроении,  
судоремонте, промышленности и нефтегазовой отрасли.

РОССИЯ, 190020, САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, НАБ. ОБВОДНОГО КАНАЛА 223/225  
ТЕЛ.: 8 (812) 622-10-31, ФАКС: 8 (812) 622-10-32  
[info@morflot.spb.ru](mailto:info@morflot.spb.ru)

Грандиозный по своему замыслу и размерам Версаль, создателем которого считается Людовик XIV, задумывался как модель вселенной правящего монарха, которого олицетворял прекрасный и юный бог Аполлон.

Морская тематика как подтверждение успехов в колониальных завоеваниях страны, славы и могущества ее флота нашла отражение в версальском парке. На главной оси парка Большого канала (рис. 1) с его миниатюрной флотилией были представлены парусные суда, гребные шлюпки, гондолы, легкие и мобильные, они предназначались для прогулок по каналу в теплую погоду. В ее состав входили уменьшенные копии кораблей французского флота: фрегаты, бригантины и галера. Они не были столь маневренны, зато на их палубах могли расположиться музыканты или батареи фейерверков для празднеств. Матросы, обслуживающие эту флотилию, проживали прямо на берегу канала. Так как в большинстве своем они были венецианцы, место это получило название маленькой Венеции.



Рис. 1. Карта замка и сада Версаля, 1750 г.

Предваряет Большой канал один из главных символов Версаля – Бассейн Аполлона, украшенный позолоченной скульптурной группой (скульптор Жан-Батист Тюби: юный бог на своей солнечной колеснице рассекает воды, играючи руководя мчащимися конями. Скульптуры трубящих в раковины тритонов, обитателей подводного царства, в лучах заходящего или встающего солнца возвещают окончание или начало нового дня. Аполлон, олицетворявший Людовика XIV, в пене брызг «спускается» в воды Версаля для отдыха после дня, наполненного трудами и заботами. Такова идейная составляющая центральной оси парка.

Морская тематика получает свое развитие в северной его части, перед дворцом, где был создан целый мир, населенный морскими божествами, широко представленными в «Метаморфозах»

## МОРСКАЯ СИМВОЛИКА ПАРКА «ВЕРСАЛЬ»

Ю. А. Филимонова, аспирант ГАИЖСА им. И.Е.Репина, контакт. тел. +7 (921) 982 4277

Овидия – главным источнике древних мифов в XVII столетии.

Открывают галерею этих образов nereиды – излюбленные персонажи морской программы Версаля. Их всего 50. Нереидам было посвящено одно из навсегда утерянных чудес Версаля – грот Тетис. Эта постройка – причудливое порождение эпохи барокко (рис. 2).



Рис. 2. Жан Ленотр. Интерьер грота Тетис в Версале

Сам грот, как и малейшие элементы его декора, воспевал подводный мир. Автором задумки был знаменитый сказочник Шарль Перро, который к тому же был еще и генеральным контролером королевских строений: «Я подумал, что будет неплохо поместить Аполлона в дом богини Тетис. Так король прибывает в Версаль для отдыха после своих ежедневных трудов, совершенных на благо всего мира» [3].

Сооружение прорезали три арки с решетками, прутья которых расходились радиально, имитируя солнечные лучи. По замыслу архитектора Луи Лево здание располагалось таким образом, что когда солнце клонилось к закату, ослепительный свет скользил по золотым лучам ограды: «Казалось, что солнце и вправду находится в гроте и его даже можно увидеть сквозь сияющие прутья решетки» [3]. На фасаде грота были барельефы скульптора Ван Обсталя, изображающие все ту же колесницу Аполлона по центру и встречающих его тритонов и nereид, дуящих в морские раковины по бокам. Между арками помещалось четыре медальона, в которых были изображены амурсы с дельфинами.

Внутри грот украшали мраморные «служажие Аполлоном nereиды» (Франсуа Жирардон, Тома Реноден, 1670).

Интерьер грота представлял собой морскую пещеру, в оформлении которой использовались раковины, жемчужины, перламутр и кусочки зеркал. При помощи раковин изображались птицы, рыбы, «все, чем прославился морских богов чертог» [1].

В гроте были небольшие фонтанчики, созданные итальянским инженером-гидравликом Франсуа Франсином. Их шумящие воды бликами отражались на стенах и наполняли своды грота мелодичным эхом.

Надо также отметить, что строительство грота было обосновано и с инженерной точки зрения, так как на его крыше находился резервуар с водой, откачиваемой из пруда Кланьи, который сообщался с фонтанами в парке, снабжая их водой.

К сожалению, до наших дней сохранились лишь воспоминания очевидцев, описывающих грот Тетис. Хрупкие материалы отделки и потребность расширения здания дворца вынудили архитекторов пожертвовать этим чудом еще во времена правления Людовика XIV.

Водная тема звучала и в Северном партере, расположенном за гротом Тетис. Там находились два симметрично организованных фонтана Короны, украшенные фигурами сирен и тритонов, поддерживающих в своих руках лавровые венки, из которых с шумом вырывались струи воды. Мастерски выполненные скульптуры (Жан-Батист Тюби, Этьен Ле Онгр) кажутся словно ожившими в водных брызгах.

В той же северной части парка неподалеку от дворца находился фонтан Пирамида (рис. 3), который по праву считается одним из самых красивых во всем парке. Фонтан пирамидальной формы насыщен водными символами: его верхнюю чашу поддерживали на своих хвостах раки, символизирующие море, уровнем ниже – изогнутые дельфины с открытыми пастьми, от хвостов которых тянулись гирлянды пышных водных лилий. Далее – четыре молодых тритона, вестника морских глубин, словно напоминающих о былом великолепии грота Тетис, являлись собой следующую ступень морской иерархии. Самая большая чаша фонтана Пирамида была поставлена на кронштейны в виде львиных лап, между которыми в мощных движениях изгибались большие тритоны из свиты бога Посейдона.

Купальня нимф Дианы находится сразу же за фонтаном Пирамида и сообщается с ним общей системой водоснабжения. Главное его украшение – барельефы, выполненные мастерами французской школы



Рис. 3. Фонтан Пирамида. Фото Барбара Далмаццо

лы. Изначально позолоченные, они сверкали сквозь каскады воды, на них были изображены сцены купания нимф богини Дианы, которая, согласно мифам, каждый день совершала ритуальное омовение в водах священного источника в окружении нимф (скульптор Франсуа Жирардон). По бокам расположены барельефы, дополняющие сцену купания: аллегорические изображения рек с опрокинутыми урнами, из которых текут священные источники (Этьен Ле Онгр, Никола Лежендре, Лоран Маньер), фигуры резвящихся детей с корзинами фруктов и цветов и большими раковинами, наполненными морскими дарами (Никола Лежендре, Пьер Легро), изображения задумчивых речных нимф с водными растениями в руках, детей, сладко спящих на спинах дельфинов (Этьен Ле Онгр) и, наконец, изображение битв между рыбами (Пьер Легро).

От купальни нимф Дианы отходит так называемая Водная аллея, которая является своеобразным коридором, ведущим к следующему фонтану Дракона (рис. 4). Ее программный создатель – Клод Перро, родной брат Шарля Перро, французский архитектор и ученый. Водная аллея состоит из 11 парных фонтанов (всего их 22) украшенных скульптурными группами смеющихся пухлощеких детей. Среди них есть и представители водной стихии: маленькие тритоны с их хвостатыми телами, украшенные водорослями и цветами (скульптор Пьер Легро) и рыбаки (скульптор Пьер Мацелин), резвящиеся с крохотными рыбками. На маленьких ручках непоседливых малышей покоятся плоские чаши, из которых вырываются струи воды.



Рис. 4. Фонтан Дракона

Скульптурное оформление фонтана Дракона демонстрировало подвиги солнечного бога с крылатым чудовищем Пифоном.

Пронзенное стрелами бога, не знающего промаха, тело дракона испускает многочисленные струи воды. Вокруг него – хоровод позолоченных скульптур дельфинов и вооруженных амуров, оседлавших лебедей. К сожалению, подлинный фонтан был разрушен в XVIII столетии и полностью восстановлен в XIX в.

Купальня Нептуна (рис. 5) завершает северную часть парка. При Людовике XIV это место называлось Еловый водоем и изначально задумывалось как симметричное дополнение к Швейцарскому озеру, находящемуся в противоположной стороне парка. Из-за войны так называемой Аугсбургской лиги (1688–1697 гг.) строительство многих объектов в Версале, в том числе и Елового водоема, было «заморожено». Уже при следующем правителе Франции – Людовике XV – появляется купальня Нептуна. Фронтальную часть бассейна окаймлял желоб, заполненный водой, из которого высоко в небо водные потоки выбрасывали 23 вертикальных фонтана. Справа и слева от центральной скульптурной группы стояли 22 парные вазы, украшенные рельефами, посвященными мифам о Нептуне.



Рис. 5. Адам Ламбер-Сижисбер. Купальня Нептуна. Центральная композиция

Центральным элементом является скульптурная группа: морской бог Нептун и его супруга Амфитрита, одна из 50 сестер-нереид, гордо восседают в большой раковине, в окружении нереид, тритонов и морских животных. Между супругами лежит морской монстр, в чешуйчатой коже которого отражаются блики воды фонтанов. Амфитрита одной рукой обхватила свой посох, другую протягивает к расположенным справа от нее фигуре нереиды с коралловой ветвью, символизирующей морские богатства, и малышу-тритону, неловко пытающемуся взобраться на морской трон. С правой стороны от Нептуна – вздымающаяся фигура коня, которую укрощает тритон. Со стороны Амфитриты композицию уравнивает редкий памятник анималистической пластики, изображающий моржа (морскую корову). Платформу, на которой установлена скульптурная группа, поддерживают три дельфина под предводительством большого тритона, трубящего в морскую раковину, как бы призывая фонтаны подняться из водной толщи высоко в небо. Автором этой грандиозной скульптурной композиции является Адам Ламбер-Сижисбер.

С одной стороны купальня украшена большой раковиной, на которой бог Протей, повелевающий ластоногими, изображен вместе с массивным морским чудовищем (скульптор Эдм Бушардон); с другой – старец Океан,

возлежащий на скале и опирающийся на морского единорога. На переднем плане композиции – представители подводной флоры и фауны: морские водоросли, краб, морская змея, рыбы (скульптор Жан-Батист Лемуан).

Дополняют сонм морских обитателей фигурки амуров, оседлавших морских драконов (скульптор Эдм Бушардон).

Купальня Нептуна инженеров Франсини была признана шедевром, прославляющим создателя Версаля Людовика XVI.

Завершает всю анфиладу северной части парка мраморная скульптура Славы короля (Доменико Гвиди), которая в аллегорической форме говорила о доблестных деяниях короля на суше и на море. Славу олицетворяет фигура женщины, описывающей жизнь короля в книге истории. Книгу поддерживает бородастый старец – Время. В одной руке женщина держит перо, в другой – медальон с портретом Людовика XIV. У ее ног – поверженная Зависть, рог изобилия и медальоны с изображением великих царей прошлого: Александра Македонского, Сципиона, Цезаря и Трояна, в ряду которых занял свое место король Солнце. Оригинальный медальон с портретом короля был поврежден в 1792 г, его восстановили во времена Реставрации (рис. 6).



Рис. 6. Доменико Гвиди. Аллегорическая скульптура Славы короля

После смерти Людовика XIV стилиевые особенности эпохи претерпят значительные изменения. Создание грандиозных эпических памятников в Версале, основанных на мифологической программе, заменится искусством более светским и рафинированным.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Лафонтен Ж. де.* Любовь Психеи и Купидона / Пер. с франц. А. А. Смирнова и Н. Я. Рыковой. – URL: <http://lib.rus.ec>
2. *Nolhac Pierre de.* Les jardins de Versailles. Paris, 1913.
3. *Perault Ch.* Memoirs of My Life. Edited and translated by Jeanne Morgan Zarucchi. – Columbia: University of Missouri Press, 1989. ■

**10** июля 2014 г. исполнится 120 лет со дня рождения видного инженера-кораблестроителя, инженера-капитана 1 ранга, доктора технических наук, профессора Александра Эдуардовича Цукшвердта.

Родился А. Э. Цукшвердт в 1894 г. под Санкт-Петербургом в поселке Шувалово в семье слепого музыканта. В 1911 г. после окончания реального училища Александр поступил на кораблестроительное отделение Санкт-Петербургского политехнического института. Весной 1917 г., после окончания теоретического курса института, он поступает на Курсы гардемарин флота, а после их завершения назначается на линкор «Полтава» Балтийского флота.

С 1918 г. он служит корабельным инженером Волжской военной флотилии, а с 1920 г. назначается производителем работ по кораблестроительной части и помощником начальника отделения постройки и ремонта кораблей в Петрограде. В этом же году он поступает в Военно-морскую академию и после ее блестящего окончания (занесен на мраморную доску) становится членом Комиссии по наблюдению за проектированием, постройкой, ремонтом и приёмкой кораблей в Ленинграде.

На новой работе А. Э. Цукшвердт проявил себя не только требовательным «приемщиком» кораблей от промышленности, но и активным творческим участником их создания.

С 1924 по 1938 г. работы на судостроительных заводах при непосредственном участии и под наблюдением А. Э. Цукшвердта были отремонтированы и достроены 12 эскадренных миноносцев (ЭМ) типа «Новик», спроектированы и построены 17 ЭМ пр. 7 и 7У, 2 лидера эсминцев проекта 1, 14 СКР типа «Ураган» (пр. 2, 4 и 39), 4 пограничных СКР пр. 43, 18 БТЩ типа «Фугас» пр. 3 и типа «Стрела» пр. 53. Также были построены 3 подводные лодки III серии типа «Щука»: Щ-301, Щ-302 и Щ-303, восстановлена после подъёма затонувшая английская подлодка L-55.

С 1925 по 1930 г. А. Э. Цукшвердт по предложению председателя кораблестроительной секции НТК УВМС Ю. А. Шиманского в вечернее время принимал участие в проектных работах по обоснованию и разработке предэскизных проектов перспективных кораблей и модернизации плавающих. По сути дела это было зарож-

## ОТ «ПРИЁМЩИКА» КОРАБЛЕЙ ДО ПРОФЕССОРА КОРАБЕЛЬНОЙ АРХИТЕКТУРЫ.

### К 120-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ

### А. Э. ЦУКШВЕРДА

*С. М. Вилков, д-р техн. наук, проф., капитан 1 ранга в отставке,  
Д. А. Жирмунский, капитан 1 ранга в отставке,  
контакт. тел. 8 (911) 264 4545, 8 (921) 596 6002*



*А. Э. Цукшвердт. 1955 г.*

дение исследовательского проектирования кораблей.

В 1935 г. А. Э. Цукшвердт переводит с немецкого и редактирует книгу доктора Г. Эверса «Военное кораблестроение». В этом же году он публикует ряд статей, обобщающих опыт проектирования и строительства сторожевых кораблей и миноносцев.

В 1936 г. А. Э. Цукшвердт был назначен одним из главных наблюдающих за проектированием и постройкой линкоров пр. 23 и 25. Обстановка в процессе проектирования была крайне напряженная, шли аресты с обвинениями во вредительстве и контрреволюционной деятельности.

В 1938 г. А. Э. Цукшвердт был арестован, а в 1940 г. освобожден за не доказанностью обвинения, восстановлен на флоте и назначен на должность доцента по кафедре «Проектирование корабля» Военно-морской академии.

С началом Великой Отечественной войны инженер-капитан 1 ранга

А. Э. Цукшвердт, как и все преподаватели академии, был эвакуирован в Астрахань, затем в Самарканд, где продолжалась подготовка офицеров для флота.

В 1946 г. Александр Эдуардович успешно защищает докторскую диссертацию, в 1947 г. становится профессором, а вскоре и начальником кафедры «Проектирование корабля». В эти годы А. Э. Цукшвердт много внимания уделяет и научной работе. Им были обоснованы принципы трансформированного подобия для случая, когда осевые масштабы прототипа и проектируемого корабля различны, а общая форма обводов схожа, что характерно для практики проектирования.

На основе полученного практического опыта проектирования кораблей и закономерностей механического подобия им были разработаны способы решения уравнения веса при определении основных элементов корабля на начальных стадиях проектирования. Особо нужно отметить «Способ нормативной (эталонной) однотонной модели», водоизмещение которой принимается равной 1 т.

Всего А. Э. Цукшвердтом опубликовано более ста научных работ, учебных пособий и учебников. Наиболее известны его учебники «Корабельная архитектура. Конструкция корпуса надводных военных кораблей», «Проектирование надводных кораблей» и «Курс корабельной архитектуры».

В 1955 г. Александр Эдуардович ушел в отставку и продолжил педагогическую деятельность в ВВММО-ЛУ им. Ф. Э. Дзержинского, где проработал шесть лет. С 1962 по 1974 г. профессор А. Э. Цукшвердт занимался подготовкой аспирантов в ЦНИИ технологии судостроения.

А. Э. Цукшвердта не стало в 1980 г. Он похоронен на Богословском кладбище в Ленинграде. ■



*«Эра, открытая советскими космическими первенцами, безгранична. Она вечна. Она будет, пока будет Человек!»*

Из книги О. Ивановского (Алексей Иванов) «Впервые», Московский рабочий, 1982

## КОСМИЧЕСКАЯ ФЛОТИЛИЯ «СЕВЕРНОЙ ВЕРФИ»

**И. О. Ивановский**, канд. техн. наук,  
директор музея истории ОАО «СЗ «Северная верфь»,  
контакт. тел. (812) 324 0354

Очередная годовщина полета в космос первого землянина, широко отмечаемая нынче не только в России и бывших советских республиках, но и за рубежом, привлекает внимание к целому комплексу «космических» проблем.

В многочисленных публикациях СМИ, на ТВ, и в Интернете в последнее время появились материалы, относящиеся к рубрике «Как это было». Знакомство с ними дает повод как для восторгов, так и ностальгической грусти. Восхищение вызывает многое. Хотя бы такой факт, что уже через 12 лет после окончания Великой Отечественной войны СССР сумел достичь первенства в космической гонке, запустив в октябре 1957 г. свой спутник. А еще через четыре года космос покорил Юрий Гагарин. Эти события, однозначно и навсегда вошедшие в историю человечества, вызывают и гордость за страну, и за советский народ, сумевший осуществить прорыв в фундаментальной науке, базовых отраслях промышленности, который своим трудом создавал и внедрял новейшие технологии.

Вместе с тем юбилей дал повод для анализа современной ситуации, определения истинного положения, места и роли России в клубе «космических» стран в XXI в. К постоянному сопернику и партнеру нашей страны – США – добавилась третья космическая держава, сумевшая самостоятельно осуществить полет человека в космос – Китай. Высокого уровня в развитии космических технологий достигла Индия. Растут масштабы международного сотрудничества, но одновременно с ними и конкуренция.

В нашей стране всегда особым уважением пользовались летчики и моряки. Кстати говоря, Юрий Гагарин свою офицерскую службу после окончания 1-го Военно-авиационного училища летчиков им. К.Е. Ворошилова в Чкалове начал в авиации – в течение двух лет он служил во второй эскадрилье 769-го истребительного авиационного полка 122-й истребительной дивизии Северного флота. И потому совершенно обоснованно в книге «Дорога в космос» он писал: «Я служил в рядах летчиков Северного флота. Я служил в морской авиации и горжусь этим».

Отношение Ю. Гагарина к флоту, а также другие примеры, конечно, сами по себе показательны. Однако влияние флота на освоение Советским Союзом космического пространства гораздо масштабнее и значимее, чем можно себе представить. Общеизвестно, что суша составляет лишь часть земной поверхности, причем меньшую. В этой связи возвращение космических аппаратов может завершиться не приземлением, а приводнением. К тому же после запуска искусственного спутника Земли расчеты баллистиков показали, что из 16 витков, которые делает за сутки космический аппарат, 6 проходят над океанами. Их называли «глухими точками» – с нашей территории они были «невидимы», а значит, полет проходил вслепую, без возможности управления. Как известно, у СССР не имелось заморских территорий, островов и баз для того, чтобы оборудовать там пункты управления, связи и измерения параметров космических аппаратов. Решение этих задач было возложено на военные и научные суда, способные обеспечить связь Земли с космосом почти в любой точке Мирового океана. Именно благодаря использованию космического флота витки стали видны.

Сама идея создания Морского космического флота была высказана Главным конструктором ракетно-космических систем С.П. Королевым, когда появилась необходимость контроля точности падения головной части первой межконтин-

тентальной баллистической ракеты Р-7 в акваторию Тихого океана, и успешного запуска 4 октября 1957 г. первого искусственного спутника Земли.

В начале 1958 г. закрытым постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР идея Королева была переведена в практическую плоскость. Общее руководство научными, инженерными работами по созданию первого в мире плавучего измерительного комплекса было возложено на НИИ-4 МО СССР. Так родилась научно-исследовательская работа по теме «Акватория». В ней участвовали специалисты практически всех отраслей промышленности страны.

По результатам этой работы в 1959 г. был создан первый плавучий измерительный комплекс в составе кораблей ВМФ СССР: «Сибирь», «Сахалин», «Сучан», «Чукотка». В качестве легенды этому соединению дали название «Тихоокеанская гидрографическая экспедиция-4».

В 1960 г. с началом реализации планов изучения Луны, Венеры и Марса с помощью дальних космических аппаратов в срочном порядке оборудуют телеметрической аппаратурой три судна-сухогруза «Долинск», «Краснодар» и «Ворошилов». Каждое из них было оснащено двумя комплектами радиотелеметрических станций «Трал», способных принимать и регистрировать десятки параметров с бортов космических объектов. В то время эти станции изготавливались только в автомобильном варианте, а для морских условий их не успевали доработать по срокам. Поэтому автомобильные кузова с размещенной в них аппаратурой, разумеется, без шасси, просто опускали в трюмы теплоходов и крепили там по-морскому.

В октябре 1966 г. во исполнение постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 19 июля 1966 г. №561-178 приказом Министерства судостроительной промышленности №00566 от 31 октября 1966 г. «О разработках и создании кораблей плавучего радиотехнического командно-измерительного и телеметрических пунктов» ЦКБ «Балтсудопроект» была поручена разработка технического проекта, рабочих чертежей и технической документации по переоборудованию четырех лесовозов пр. 596 в плавучие радиотелеметрические пункты по пр. 1918 («Селена»).

Работы по переоборудованию намечалось выполнить на судостроительном заводе им. Жданова в Ленинграде и на Выборгском судостроительном заводе (по два лесовоза на каждом). В январе 1967 г. у причалов судостроительного завода им. А.А. Жданова ошвартовались по два сухогруза: «Невель» и «Боровичи», которые за шесть месяцев следовало переоборудовать в плавучие контрольно-измерительные комплексы.

Правительственное задание устанавливало необычайно сжатые сроки выполнения работ, вся организация строительства подчинялась обеспечению этой задачи. Рабочая документация выпускалась в упрощенном виде, часто в виде эскизов, все конструкторские неувязки решались прямо на месте. Поставки материалов и оборудования велось по специальным разрядкам, помеченных красной полосой.

Для нашего завода поручение этой работы стало большой честью. В обстановке мощного подъема коллектива завода проходило соревнование за выполнение планов по сдаче кораблей. Результат был очень интересным. Наша первая «Селена» вышла на ходовые испытания на четыре дня раньше планового срока.

Суда пр. 1918 имели водоизмещение порожнем 4058 т, полное 6100 т, мощность судовой электростанции возросла с 700 до 1500 кВт, автономность составила 90 сут., а дальность плавания – 16 000 миль. В экипаж корабля входило 53 человека, в состав экспедиции – 36 человек. Суда космической службы выполняли в океане две основные функции: космические системы корабля принимали со спутников и межпланетных станций телеметрическую и научную информацию и поддерживали двухстороннюю радиосвязь с космонавтами. Специалисты из состава экспедиции обрабатывали и анализировали телеметрическую и научную информацию, данные анализа направлялись в Центр управления полетом по радиотелеграфным каналам связи. Оборудование космических и обеспечивающих систем размещалось в 10 лабораториях, имелись антенные устройства и соответствующая аппаратура. На корабле в дополнительных помещениях оборудовали лаборатории, жилые и служебные помещения для экипажа и экспедиции.

18 июня ТАСС сообщил, что в состав экспедиционного научного флота Академии наук СССР включено девять научно-исследовательских судов, среди которых были суда, переоборудованные на нашем заводе

Суда ходили под флагом Министерства морского флота с легендой торговых судов и судов снабжения рыболовного флота, но сообщение ТАСС от 18 июня 1967 г. легализовало задачи этих судов: «Обеспечение работ по освоению космического пространства и изучение верхних слоев атмосферы».

Таким образом, морской космический флот СССР «официально» появился на океанских просторах с 18 июня 1967 г. Засекреченная Лунная программа СССР стимулировала рождение этого флота и сделала его деятельность «полулегальной». Наша страна получала возможность иметь плавучие измерительные пункты под вымпелом АН СССР и флагом ВМФ в любой точке Мирового океана.

В 1976–1978 гг. по Постановлению ЦК КПСС и Совета министров СССР от 20 января 1976 г. за № 50-15 Ленинградским судостроительным заводом им. А. А. Жданова были переоборудованы лесовозы пр. 596 в плавучие измерительные пункты для получения телеметрической информации с управляемых космических аппаратов и для связи с космонавтами по пр. 1929 «Селена 2», разработанному в ЦКБ «Балтсудопроект» (главный конструктор – Б. П. Ардашев).

Головное судно «Космонавт Владислав Волков» было передано заказчику – Главному управлению космических исследований – в 1976 г, а в октябре 1977 г. вышло в первый экспедиционный рейс.

Главная космическая антенна судов состояла из четырех параболических зеркал диаметром 6 м, объединенных в общую конструкцию. Такое устройство антенн позволяло, сравнивая сигналы в облучателях соседних антенн, пеленговать космические объекты с большой точностью. Антенна была установлена на трехосном опорно-поворотном устройстве. Система стабилизации антенн учитывала углы бортовой и килевой качки, а также рыскание судна по курсу. В подзеркальной кабине были смонтированы параметрические усилители высокой частоты. Всего на судне имелось до 50 приемных и передающих антенн. Каждое судно было оборудовано универсальными и специализированными электронно-вычислительными машинами. Аппаратуру космических и обеспечивающих систем разместили в 25 научных лабораториях. По полноте контроля и степени автоматизации, по совершенству судовых космических и обеспечивающих систем, по насыщенности современными средствами радиотелеметрии, информационно-вычислительной техники и машинной обработки данных суда этой серии сделали значительный шаг вперед в развитии плавующих измерительных пунктов по сравнению с более ранними судами космической службы.

#### Основные характеристики научно-исследовательских судов типа «Космонавт Владислав Волков»

|  |                  |
|--|------------------|
| Длина, м .....                           | 121,78           |
| Ширина, м.....                           | 16,7             |
| Осадка, м.....                           | 7,12             |
| Высота борта на миделе, м .....          | 8,3              |
| Водоизмещение, т.....                    | 8950             |
| Тип и количество главных двигателей..... | 1 - 9ДКРН 50/110 |
| Общая мощность гл. двигателей, л.с.....  | 5200             |
| Скорость, уз.....                        | 14,7             |
| Дальность плавания, мили .....           | 16 000           |
| Автономность, сут. ....                  | 50               |
| Число научных сотрудников, чел. ....     | 77               |
| Экипаж, чел. ....                        | 66               |

С 1977 по 1979 г. космический флот пополнился еще четырьмя телеметрическими судами, названными в память уже навсегда покинувших звездный строй: «Космонавт Владислав Волков», «Космонавт Павел Беляев», «Космонавт Георгий Добровольский» и «Космонавт Виктор Пацаев».

#### Основные этапы переоборудования судов типа «Космонавт Владислав Волков»

| Название судна, зав. номер             | Начало переоборудования | Вступление в строй |
|--|-------------------------|--------------------|
| «Космонавт Владислав Волков», 681      | 1 августа 1974 г.       | 26 декабря 1976 г. |
| «Космонавт Павел Беляев», 682          | 1 августа 1974 г.       | 2 ноября 1977 г.   |
| «Космонавт Георгий Добровольский», 683 | 4 июня 1975 г.          | 15 июня 1978 г.    |
| «Космонавт Виктор Пацаев», 684         | 1 июля 1975 г.          | 24 ноября 1978 г.  |



Судно «Космонавт Владислав Волков»

К 1979 г. Морской космический флот состоял из 11 специализированных судов, которые участвовали в управлении пилотируемых полетов, проведении стыковок и расстыковок космических кораблей над океаном. Без них не обходилась ни одна посадка пилотируемых кораблей и старты к дальним планетам.

После развала СССР Морской космический флот был расформирован. В 1991 г. флагманское судно космической флотилии «Космонавт Юрий Гагарин» покинула его основная экспедиция. Вскоре судно было поставлено на отстой на рейде порта Южный.



НИС «Космонавт Виктор Пацаев»

В 1996 г. «Космонавт Юрий Гагарин» был продан на металлолом по цене 170 долл. за тонну. Стыдно было продавать научную гордость на судораздел, поэтому название судна интеллигентно-одесситы замазали краской, оставив только буквы «АГАР». «Космонавт Юрий Гагарин», совершивший 22 экспедиционных рейса, отправился в последний путь, в Индию. Там, в порту Аланг в считанные дни его разрезали на большие бесформенные куски.

Остальные суда «звездной» флотилии досрочно списаны и проданы на металлолом за рубеж и даже специально затоплены с целью создания искусственных рифов для дайверов.

На сегодняшний день от всего Морского космического флота осталось только одно судно – «Космонавт Виктор Пацаев», оно стоит в порту Калининграда у причала Музея Мирового океана. Иногда оно привлекается к работам по МКС – проводит периодические сеансы связи.

Недавно стало известно, что в составе космического флота Китая находятся четыре корабля серии «Юаньван», которые размещаются в различных районах Мирового океана для контроля критически важных операций по ракетно-космическим программам страны. Среди основных задач кораблей космического флота – слежение за районами падения китайских МБР при стрельбе на большую дальность в акваторию Тихого океана, а также за включением двигателей ступеней ракет-но-



*На борту судна «Космонавт Георгий Добровольский» (слева направо) строитель судна М.И. Смолев, летчик-космонавт Е.В. Хрунов, директор завода В.А. Емельянов, председатель государственной комиссии летчик-космонавт Г.С. Титов*

сителей при запуске спутников на геостационарные орбиты, обеспечение управления и связи с пилотируемыми кораблями серии «Шэньчжоу». В общем, Китай идет по пути, некогда проложенному Советским Союзом. А у нас...

А у нас остается память и еще до конца не утраченный опыт. ■

**17** апреля 2014 г. в Санкт-Петербургском Морском собрании (СПбМС) прошла отчетно-выборная конференция. За истекшее время с 2 июня 2012 г. по 17 апреля 2014 г. отчет о работе Совета старшин (руководящий орган СПбМС) Морского собрания сделал его Председатель Н.В. Орлов. Он отметил, что Совет старшин за отчетный период продолжил работу в соответствии с задачами и уставными целями.

Воссозданное в марте 1995 г. Санкт-Петербургское Морское собрание (СПбМС), которому 3 февраля 2014 г. исполнилось 104 г. со дня основания и 19 лет со дня возрождения, являясь духовным правопреемником морских собраний Российского императорского флота, продолжает решать большую и очень важную задачу по возрождению славных флотских традиций и развитию ВМФ РФ.

СПбМС объединяло и объединяет в своих рядах лучших представителей ВМФ, морского и речного флота, науки, культуры, судостроителей, известных государственных и политических деятелей России. Их опыт, знания и авторитет оказывают влияние на разработку и реализацию законодательных актов, направленных на приоритетное развитие отечественного флота.

За плодотворную работу и в связи со столетием со дня основания СПбМС, единственное в России, приказом ВМФ РФ было награждено в 2010 г. юбилейным знаменным флагом, что положило начало возрождению еще одной традиции русского флота.

В сентябре 2012 г. была начата подготовка к празднованию 300-летия пер-

## ОТЧЕТНО-ВЫБОРНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО МОРСКОГО СОБРАНИЯ

*С. П. Сырый, проф., кап. 1 ранга запаса, заслуженный работник высшей школы России, председатель военно-исторической секции Дома ученых РАН, председатель секции истории Российского флота и историограф СПбМС, контакт. тел. (812) 431 9423*

вой морской победы русского флота над шведами в Гангутском сражении. Создана рабочая группа.

28 сентября на заседании Совета старшин МС по предложению почетного члена МС, председателя правления ОАО «Газпром» А.Б. Миллера было принято решение об участии МС в создании и последующей благотворительной передаче в дар Санкт-Петербургу скульптурной композиции «Полтава», представляющей собой символический образ первого линейного корабля Российского флота, заложенного в петербургском Адмиралтействе и спущенного на воду 15 июня 1712 г. под руководством императора Петра Великого.

22 ноября 2012 г. в Доме ученых РАН им. Горького проведен «круглый стол», посвященный 200-летию победы в Отечественной войне 1812–1815 гг. по теме «Адмирал Павел Васильевич Чичагов в Отечественной войне 1812 г.».

7 декабря 2012 г. в Севастополе прошла юбилейная Ассамблея украинского филиала СПбМС по случаю 165-летия основания Севастопольского Морского собрания и 125-летия со дня учреждения его устава.

Проведены две ассамблеи СПбМС (зимняя – 3 февраля и летняя – 25 июля).

14 декабря 2012 г. в Центральном военно-морском музее состоялся «круглый стол», посвященный Дню воинской славы – Синопской победы в Крымской войне 1853–1855 гг. и 210-летию со дня рождения адмирала П.С. Нахимова. Тема «круглого стола»: «Адмирал П.С. Нахимов и Синопская победа».

14 декабря 2012 г. в Доме ученых РАН в Петербурге состоялись военно-морская конференция и презентация книги «Дневники первой Камчатской экспедиции (1725–1730, дневники мичмана Петра Авраамовича Чаплина и лейтенанта Алексея Ильича Чирикова)».

Прошло более двух с половиной столетий со времени Первой Камчатской экспедиции (1725–1730 гг.). Она была организована по указу Петра I, для того чтобы решить вековой спор ученых того времени – есть ли пролив между Азией и Америкой и выполнить ряд государственных задач. Первая Камчатская экспедиция под руководством В. Беринга занимает в истории науки особое место. Она продолжалась пять лет; во время

трехмесячного плавания экспедиции Беринга на военном боте «Св. Гавриил» в 1728–1729 гг. на карте было обозначено северо-восточное побережье Азии: в Охотском море — от устья р. Большая до м. Лопатка, в Тихом океане и Беринговом море — от м. Лопатка до м. Кекурный (в Беринговом проливе).

В 2012 г. МС в серии «Библиотека Санкт-Петербургского собрания» изданы две книги: «Мои меридианы» ветерана-подводника, Героя Советского Союза, вице-адмирала Н.П. Египко и «Российский флот в Отечественной войне 1812 г.» авторов Юрия Коршунова и Владислава Прасникова.

Решением литературной комиссии Совета старшин С.П. Сирому и Ю.Н. Курганскому, авторам книги «За погружением—всплытие», присвоено звание лауреатов литературной премии СПб МС с вручением им дипломов. Это первые лауреаты литературного конкурса в истории СПб МС.

В 2013 г. проводились регулярные военно-исторические конференции, «круглые столы», исторические чтения, посвященные праздникам, Дням воинской славы России и памятным датам в истории страны и флота. (230-летию Черноморского флота; 310-летию Балтийского флота; 80-летию Северного флота; 150-летию со дня рождения академика А.Н. Крылова и др.).

26 января 2013 г. в МС был проведен круглый стол на тему «**70-летие разгрома советскими войсками немецко-фашистских войск в Сталинградской битве**» (посвященный 70-летию победы в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.).

В Доме ученых РАН совместно с ее военно-исторической секцией состоялись следующие мероприятия:

– 20 февраля 2013 г. военно-исторические чтения, посвященные Дню защитника Отечества на тему «**В память ушедших и во славу живущих**»;

– 21 марта 2013 г. «круглый стол» на тему «**Адмирал Павел Степанович Нахимов и Синопская победа**», посвященный 210-летию со дня рождения адмирала П.С. Нахимова;

– 12 апреля 2013 г. презентация монографии «**Линия Маннергейма и Красная армия**». Автор — член военно-исторической секции Дома ученых кандидат технических наук доцент капитан 1 ранга И.И. Сейдин;

– 17 мая 2013 г. совместно с НТО судостроителей им. А.Н. Крылова «круглый стол» на тему «**Вклад академика А.Н. Крылова в кораблестроение и военно-морскую науку**», посвященный 150-летию со дня рождения академика А.Н. Крылова;

– реставрированы памятник и захоронение академика А.Н. Крылова на Волковском кладбище Санкт-Петербурга;

– 25 октября 2013 г. «круглый стол» на тему «**205-летие русско-шведской войны 1808–1809 гг. Итоги и уроки**»;

– 14 ноября 2013 г. научно-практическая конференция, посвященная 95-летию старейшей 25-й Кронштадтской бригады подводных лодок на тему «**Служение Родине**»;

– 16 декабря 2013 г. в МС были проведены **военно-исторические чтения, посвященные 300-летию Гангутской морской победы 1714 г. над шведами под руководством императора Петра I**. Позднее проведена **Международная научно-практическая конференция, посвященная этой же теме с представителями 18 регионов**.

По заказу СПб МС изготовлена памятная серебряная медаль в память о 300-летию Гангутской битвы, которой будут награждены все действующие офицеры ВМФ РФ и офицеры Семеновского и Преображенского полков Западного военного округа РФ;

– **реставрированы памятники** русским воинам, погибшим в Гангутском сражении в 1714 г. на п-ове Ханко;

– проведены две ассамблеи СПб МС, **посвященные 70-летию Сталинградской битвы в Великой Отечественной войне и 150-летию со дня рождения академика А.Н. Крылова**.

В соответствии с планами активно работали наградная, мандатная, литературная комиссии и секции СПб МС.

ния принимают активное участие в радио- и телепередачах по вопросам военно-морской истории.

В 2013 г. МС в серии «Библиотека Морского собрания» переиздана книга академика А.Н. Крылова «**Мои воспоминания**» и издана книга профессора П.А. Кротова «**Гангут — сражение и корабли**».

К 95-летию ЛенВМБ создан фильм и издан альбом.

Решением литературной комиссии Совета старшин доктору исторических наук Г.А. Гребенщиковой присвоено звание лауреата литературной премии СПб МС как автору двухтомника «**Черноморский флот во время правления Екатерины II**», .

Члены МС и общественной организации «Ассоциация Морских собраний», председателем Совета которой является Н.В. Орлов, активно участвовали совместно с «Центром национальной славы» в открытом межрегиональном историко-патриотическом конкурсе «**Морской венок славы**» — «**Моряки на службе Отечеству**».

Все мероприятия, проводимые СПб МС, освещаются в изданиях «Морская газета», «Флот», «Гардемарин»; журнале «Морской вестник», в телепередачах на канале ТВЦ в программе «Морские вести» и на сайтах: morskoe-sobranie.ru, rgavmf.ru.

Коммерческой деятельностью Санкт-Петербургское Морское собрание не занимается, финансовую помощь из-за рубежа не получает.



Постоянно велась работа с посетителями, письмами и обращениями.

**Украинский филиал СПб МС преобразован в Севастопольское Морское собрание.**

МС по-прежнему издаются буклеты о его работе, календари. Члены Собра-

Делегаты конференции работу Председателя МС Н.В. Орлова и Совета старшин признали удовлетворительной, утвердили ротацию членов этого Совета и избрали Н.В. Орлова Председателем СПб МС на очередной пятилетний срок. ■

**В** августе 2013 г. издательство «Судостроение» (СПб) тиражом в 1000 экземпляров впервые выпустило документальную книгу–трилогию «Три жизни корабля» – об известной истории уникальной атомной подводной лодки Северного флота известной как «К-403», «КС-403», затем АКСОН-1, АКСОН-2 и наконец «Казань». Построена она была в замечательном городе корабелов Северодвинске на «Севмашпредприятии» и дважды перестроена на предприятии «Звездочка» в целях дальнейших испытаний гидроакустических комплексов для атомных подводных лодок третьего и четвертого поколений. В основе ее положены проекты 667А, 667АК и 09780. Лодка отлично служила нашему Отечеству, а ее боевая рубка в 2010 г. стала мемориалом в парке Победы в столице Республики Татарстан – Казани.

Появление этой книги обозначило возрождение серии книг «Легендарные корабли», последняя из которых вышла в Санкт-Петербурге в 1996 г.

**Б**рошюра посвящена анализу многочисленных ошибок, допущенных Г.А. Гребенщиковой в двухтомнике «Черноморский флот в период правления Екатерины II» (2012 г.) при изложении истории действий каперской, а затем российской императорской флотилии под командованием Ламброса Кацониса в Средиземном море во время Русско-турецкой войны 1787–1791 гг.



## ВОЗРОЖДЕНИЕ СЕРИИ КНИГ «ЛЕГЕНДАРНЫЕ КОРАБЛИ»

**И.Ю. Кравцов.** Три жизни корабля. – СПб.: Судостроение, 2013

Автор книги и фильма – последний командир этой субмарины, капитан 1 ранга запаса Игорь Кравцов, который непосредственно участвовал в испытаниях нового вооружения и военной техники в интересах ВМФ России, много лет собирал необходимые документы и факты, воспоминания членов экипажей подлодки, а в 2005 г. передал подлодку промышленности для утилизации. Много лет об этой уникальной субмарине мало кто знал, и вот теперь, по прошествии многих лет, имя этой подлодки стало неотъемлемой частью истории развития отечественного подводного флота СССР и Российской Федерации, в историю. Книга знакомит с историей создания, службы, модернизации атомной подводной лод-

ки, деятельности ее экипажей. Книга снабжена видеоприложением. Именно эта подводная лодка дала современным атомоходам «глаза и уши», сначала сравниваясь, а затем превзойдя атомные подводные лодки США и НАТО по дальности обнаружения подводных и надводных целей.

12 сентября 2013 г. в Центральной военно-морской библиотеке Санкт-Петербурга при участии делегации из Республики Татарстан, Санкт-Петербургского Клуба моряков-подводников и Морского Собрания, научных работников, конструкторов подводных лодок и вооружения, ветеранов корабля и представителей СМИ состоялась презентация этой книги и 50-минутного DVD-приложения к ней. ■

## О НЕКОТОРЫХ АСПЕКТАХ КНИГИ Г.А. ГРЕБЕНЩИКОВОЙ «ЧЕРНОМОРСКИЙ ФЛОТ В ПЕРИОД ПРАВЛЕНИЯ ЕКАТЕРИНЫ II»

**А. Гертсос, И. Николопулос, Ю. Пряхин.**

Ради установления истины. – СПб.: Галарт, 2014

В настоящей брошюре авторы, опираясь на имеющиеся архивные данные и опубликованные материалы исследователей, фиксируют не только допущенные автором ошибки, неточные датировки, но и выявляют ряд домыслов, необоснованных тезисов, искажающих исторические факты, в том числе характеризующие личность Ламборса Кацониса, национального героя Греции. В приложении опубликована переписка оппонентов Г.А. Гребенщиковой: д-ра Паноса Стану и Ю. Д. Пряхина.



**Афанасий Гертсос,** доктор наук, член Центра Греко-Российских Исторических исследований



**Иоаннис Николопулос,** известный греческий историк, дипломат, в 1980–1982 гг. советник по делам прессы и культуры в посольстве Греции в Москве, с 1990 г. – президент

Фонда Греческих исследований, член Центра Греко-Российских Исторических исследований



**Юрий Дмитриевич Пряхин,** доктор исторических наук, профессор, член Центра Греко-Российских Исторических исследований ■

Автор представляет статью в электронном виде объемом до 20 000 знаков с распечаткой (1 экз.). Текст набирается в редакторе MS Word под Windows. Иллюстрации, помещенные в статью, должны быть представлены дополнительно в форматах: TIFF CMYK (полноцветные), TIFF GRAYSCALE (полупантоновые), TIFF BITMAP (штриховые), EPS, JPEG, с разрешением 300 dpi для полупантоновых, 600 dpi для штриховых и в размерах, желательных для размещения.

Статья должна содержать реферат объемом до 500 знаков, ключевые слова и библиографо-библиотечный индекс УДК. Автор указывает ученую степень, ученое звание, место работы, должность и контактный телефон, а также дает в письменной форме разрешение редакции журнала на размещение статьи в Интернете и Научной электронной библиотеке после публикации в журнале.

Статьи соискателей и аспирантов принимаются к публикации на бесплатной и безвозмездной основе. Рецензирование этих статей осуществляет редакционная коллегия с привлечением при необходимости профильных специалистов. В случае отказа в публикации автору высылается рецензия.

Содержание журнала ежеквартально представляется на рассмотрение редакционному совету. Решение о выпуске очередного номера оформляется протоколом.

**РЕФЕРАТЫ**

УДК 629.561.5; 629.564. **Ключевые слова:** научно-исследовательский ледокол, комплексные геофизические исследования, сейсмозащита, днищевая шахта, когерентный сейсмический излучатель

**С.Л. Пиликин, А.И. Домрачев, П.И. Коротин, С.М. Шаманин. Научно-исследовательский ледокол для комплексных геофизических исследований // Морской вестник. 2014. № 2. С. 1**

Показана необходимость создания специализированных судов и технических средств для проведения комплексных геофизических исследований в Арктике, а также возможность применения когерентных акустических излучателей как перспективных источников сигнала для сейсмозащитных работ в море, в том числе и в ледовых условиях. Ил. 5.

УДК 621.702:629.51 **Ключевые слова:** водный транспорт, состояние, возможности судостроения, типы судов сибирских рек и Сев. Двины

**Г.В. Егоров. Перевозки отечественным водным транспортом, состояние речного флота и возможности нового судостроения, в том числе для сибирских рек // Морской вестник. 2014. № 2. С. 7**

Представлены результаты фактического строительства за последние годы грузовых и пассажирских судов «река» и «река-море» плавания, показана органическая взаимосвязь новых проектов и потребностей бизнес-сообщества и регионов (в «сверхполных» танкерах, пассажирских круизных судах «Волго-Балт макс» и «Волго-Дон макс» классов, комбинированных танкеров-площадок для перевозки нефтеналивных и сухих грузов, танкеров и сухогрузных судов «Лена макс» класса, мелкосидящих барже-буксирных составов для сибирских рек и других новых концептах) с учетом реальной возрастной структуры и морального старения существующего флота. Т. 9. Ил. 6. Библиогр. 12. назв.

УДК 621.039.533.6:621.165 **Ключевые слова:** «Адмиралтейские верфи», закладка ПЛ «Краснодар» пр. 636.3, характеристики

**С.И. Васильева. Ставка флота – на «Адмиралтейские верфи» // Морской вестник. 2014. № 2. С. 17**

Сообщение о церемонии закладки четвертой подводной лодке «Краснодар» серии лодок пр. 636.3. Приведены ее основные технические характеристики. Ил. 4.

УДК 658.531:629.5.024 **Ключевые слова:** трудоемкость, прогноз, техническое задание, предконтрактный проект

**Г.В. Герман, В.А. Рогозин, Г.А. Емельченков. Прогноз трудоемкости строительства конкурентоспособных судов с учетом условий производства // Морской вестник. 2014. № 2. С. 18**

Рассмотрен подход к определению прогнозного значения трудоемкости постройки нового заказа. Предложен алгоритм расчета этого показателя, применение которого позволяет отказаться от необходимости корректировки расчетных зависимостей на этапе технического задания и предконтрактного проекта. Библиогр. 5 назв.

УДК 629.12 **Ключевые слова:** судно, проектирование, оценка качества, оптимизация

**И.В. Щербаков, Г.В. Тарица, И.Р. Багнов. Организация проектирования и оценка качества современного проекта судна // Морской вестник. 2014. № 2. С. 19**

Проанализированы особенности организации проектирования и основные проблемы, возникающие при оценке качества разработанных проектов судов. Рассмотрены современные методы выполнения проектных работ. Даны практические рекомендации по целесообразности разработки и применения единой системы численных критериев качества для объективной оценки разработанных проектов судов. Библиогр. 2 назв.

УДК 629.12.0115 **Ключевые слова:** ПСКР, спуск на воду, «СФ «Алмаз»

**Спуск на воду серийного ПСКР проекта 22460 // Морской вестник. 2014. № 2. С. 25**

Сообщение о спуске на воду пограничного сторожевого корабля пр. 22460 на ОАО «Судостроительная фирма «Алмаз». Приведены его технические характеристики. Ил. 3.

УДК 621.039.5 **Ключевые слова:** боевой катер «Молния», ЦМКБ «Алмаз», унифицированный корпус, проектное предложение

**Д.Ю. Литинский. Противолодочные «Молнии» // Морской вестник. 2014. № 2. С. 25**

Кратко изложена история создания одной из наименее известных базовых модификаций боевых катеров семейства «Молния» – противолодочной. На основе результатов экспериментальных исследований, выполненных в ЦМКБ «Алмаз» в 2000–2007 гг., показана возможность разработки унифицированного корпуса и «платформы» для создания семейства малых боевых кораблей различного назначения, в том числе на экспорт. Т. 1. Ил. 4.

УДК 62.833: 629.5 **Ключевые слова:** «51 ЦКТИС», история создания, задачи, перспективы

**Г.Н. Муру. К 60-летию создания системы военного судоремонта // Морской вестник. 2014. № 2. С. 29**

«51 ЦКТИС» в этом году отмечает свое 60-летие. В рамках создания системы военного судоремонта вначале было создано Главное управление судоремонтных заводов, позднее появился и «51 ЦКТИС», который сегодня работает в отсутствие органа, формирующего единую техническую политику судоремонта. Необходимость такого органа очевидна. Это позволит решать комплекс задач по поддержке боеготовности флота.

УДК 62–514+681.3.068 **Ключевые слова:** алгебра, дифференциально-интегральное исчисление, нагрузка, ручной орган управления, оператор, оценка, пружина, расчет, формула

**В.Е. Лоскутов, А.А. Арутюнян. Принципы определения нагрузок на ручных органах управления // Морской вестник. 2014. № 2. С. 31**

Выведены формулы для расчета нагрузки, необходимой при переключении ручных органов управления, в сложном математически случае. Применены дифференциально-интегральное исчисление ориентировочного значения допустимой нагрузки, а также высшая алгебра и дифференциально-интегральное исчисление. Проведен статистический анализ значимости предложенных формул. Т. 10. Ил. 3. Библиогр. 6 назв.

УДК 621.313.84 **Ключевые слова:** судовая арматура, электропривод, диагностика, бесконтактные электродвигатели постоянного тока, безредукторный привод, распределенное управление, мехатроника

**А.С. Петрушенко, О.В. Епифанов, А.Г. Микеров. Судовая арматура. Облик перспективного электропривода запорно-регулирующей арматуры корабля // Морской вестник. 2014. № 2. С. 35**

Рассмотрены элементы и структура электроприводов арматуры, вопросы применения бесконтактных электродвигателей постоянного тока, их преимущества. Особое внимание уделено выбору редуктора и использованию прямого электропривода. Описана функциональная схема перспективного электропривода судовой арматуры. Т. 1. Ил. 9. Библиогр. 17 назв.

УДК 629.12.03.001.63 **Ключевые слова:** танкер, утилизация теплоты, схемы питания, вспомогательный и утилизационный котлы, сравнение

**А.Г. Даниловский, А.А. Иванченко, Мью Чжо Ту. Сравнительный анализ тепловых схем вспомогательных котельных установок на танкере // Морской вестник. 2014. № 2. С. 43**

На танкерах применяются традиционные схемы питания потребителей паром из общей магистрали, на которую работают вспомогательный (ВК) и утилизационный (УК) котлы. Она не обеспечивает полной утилизации теплоты вторичных энергоносителей. Предложена схема утилизации теплоты, включающая двухконтурные УК и высокотемпературную секцию охлаждения продувочного воздуха, что позволяет получить втрое большее количество пара. В результате значительно возрастает экономический эффект и снижается загрязнение окружающей среды. Т. 1. Ил. 2. Библиогр. 4 назв.

УДК 624.042: 629.5.024 **Ключевые слова:** анализ колебаний, корпусные конструкции, метод конечных элементов, квазистатическая модель, прием конденсации

**Е.И. Короткая, В.И. Сутьрин. Методика моделирования и расчетно-экспериментального исследования эффективности виброизоляции судовых механизмов и оборудования // Морской вестник. 2014. № 2. С. 45**

Реализована предложенная методика моделирования и расчетно-экспериментального исследования эффективности виброизоляции судовых механизмов и оборудования с учетом

реакции основания (корпуса). В основу разработки положен метод структуризации, заключающийся в построении преобразованной расчетной модели, объединяющей ограниченное число расчетных узлов исходного конечно-элементного разбиения анализируемого объекта. Приведены и проанализированы результаты решения тестовых задач. Ил. 8. Библиогр. 9 назв.

УДК 621.438.081.12 **Ключевые слова:** газотурбинная энергетическая установка, безотказность, техническое диагностирование, эксплуатационная информация, анализ, методика

**В.В. Рыбалко, Ю.А. Ключенко. Анализ показателей безотказности судовых газотурбинных энергетических установок // Морской вестник. 2014. № 2. С. 51**

Изложены проблемные вопросы обеспечения безотказности корабельных газотурбинных энергетических установок путем анализа эксплуатационной информации, позволяющего достоверно оценивать техническое состояние установок. Библиогр. 4 назв.

УДК 629.127 **Ключевые слова:** единая электроэнергетическая система (ЕЭЭС), электроэнерговооруженность, высокое напряжение.

**Г.С. Ясаков, Д.Б. Яковлев. Состояние и перспективы развития корабля и судов с едиными электроэнергетическими системами на высоком напряжении // Морской вестник. 2014. № 2. С. 52**

О перспективах применения единых электроэнергетических систем напряжением 6 (10) кВ на кораблях и судах с электродвижением.

УДК 621.643/644 **Ключевые слова:** теплообменный аппарат, профилированные трубы

**А.В. Шварева. Перспективы применения в теплообменных аппаратах плоских профилированных труб // Морской вестник. 2014. № 2. С. 55**

Рассмотрена новая плоская профилированная трубка, представляющая собой пластину сечением сложной формы. Профиль трубки был разработан с целью уменьшения массогабаритных характеристик теплообменных аппаратов при сохранении их эффективности. Описан опытный образец холодильника масла МХД-4, изготовленный с целью проверки теплотехнических параметров при использовании профилированных труб в теплообменных аппаратах. Приведена методика расчета теплообменных аппаратов с плоскими трубками, выполнено сравнение результатов расчета испытаний, которые подтвердили верификацию методики расчета. Т. 1. Ил. 1. Библиогр. 7 назв.

УДК 678.5.06.62–762:621.643.43.036 **Ключевые слова:** ЗАО «МНС», катодная защита, защита трубопроводов от биологического обрастания, судовые опреснительные установки, очистка водяного балласта, морские платформы

**К.Б. Каравашкин. «Cathelco» – поставщик современного оборудования для российских судов // Морской вестник. 2014. № 2. С. 58**

Приведена информация о британской компании «Cathelco LTD» – партнере ЗАО «МНС». Эта компания за шесть десятилетий своей деятельности завоевала высокую репутацию как разработчик и производитель судовых систем катодной защиты корпуса судна от коррозии, трубопроводов от биологического обрастания, систем опреснения воды и очистки водяного балласта. В настоящее время фирма активно осваивает российский рынок судостроения. Системами Cathelco уже оборудованы десятки судов, построенных на российских верфях, а также морские платформы. Ил. 2.

УДК 621.314 **Ключевые слова:** корабль, технические средства, интегрированная система управления, типы, особенности

**В.М. Амбросовский, Ю.В. Баглюк, А.С. Слипченко, С.П. Хабаров. Интегрированные системы управления техническими средствами корабля // Морской вестник. 2014. № 2. С. 63**

Рассмотрены назначение и состав интегрированных систем управления техническими средствами (ИСУ ТС) корабля, структуры, типы ИСУ ТС. Основное внимание уделено ИСУ ТС, разработанным ЗАО «Трансаз», их структуре, особенностям исполнения и назначению. Ил. 7. Библиогр. 3 назв.

УДК 656.6.08 **Ключевые слова:** корабль, безопасность, система «Блокировка»

**А.М. Тихоненко, А.В. Лагун. Система совместного применения оружия надводных кораблей: вчера, сегодня, завтра // Морской вестник. 2014. № 2. С. 67**

Обозначены вопросы обеспечения безопасности надводных кораблей, а также личного состава при совместном использовании спесредств, в том числе системы совместного безопасного применения оружия (ССПО) типа «Блокировка». Подробно описаны принцип работы системы, ее назначение и этапы развития, начиная с первых опытных образцов и заканчивая современными разработками с применением микропроцессорной техники и цифровыми каналами передачи данных. Ил.5.

УДК 629.5.015.6:656.61 **Ключевые слова:** защита объектов повышенного риска, нелинейная акустика, гидроакустические средства, параметрические приемные антенны локационного типа

**С.А. Бахарев, Л.М. Клячка, В.К. Смирнов, А.В. Торгунаков. К вопросу совершенствования работы параметрических приемных антенн локационного типа // Морской вестник. 2014. № 2. С. 70**

Обсуждается проблема обеспечения физической защиты объектов повышенного риска: атомных электростанций, морских нефтегазовых платформ и др. Предлагается шире использовать методы нелинейной акустики в гидроакустических средствах специального назначения (ГАСН), в частности, параметрические приемные антенны локационного типа (ППАЛТ), которые позволяют с высокой направленностью (единицы градусов) принимать широкополосные (2–3 октавы) гидроакустические сигналы, в том числе инфразвукового и низкого звукового диапазонов частот. Приводятся результаты использования акустической и электромагнитной накачки в ППАЛТ, входящей в состав ГАСН. Ил. 6. Библиогр.7 назв.

УДК 681.3:629.5 **Ключевые слова:** модуль данных, ИЭТР, кодирование, заимствование, оптимизация, руководство по эксплуатации

**М.В. Сергеев. Современный подход к разработке электронной эксплуатационной документации для систем автоматизации корабельных технических средств // Морской вестник. 2014. № 2. С. 75**

Предложен современный подход к разработке технической документации на основе международной спецификации S1000D, оптимизации состава модулей данных. Рассмотрены особенности кодирования модулей данных, дополнительные возможности интерактивной электронной документации. Т. 1. Ил. 4. Библиогр. 8 назв.

УДК 517.977.5 **Ключевые слова:** автоматические системы, импульсные системы, системы с запаздыванием, цифровое управление, оптимальное управление, подводные аппараты

**В.О. Рыбинский. Оптимизация цифровой системы управления с запаздыванием для подводного аппарата по критерию минимума оценки мгновенной дисперсии // Морской вестник. 2014. № 2. С. 80**

Рассмотрено проектирование цифрового регулятора для системы управления по курсу подводным аппаратом на основе критерия минимума оценки мгновенной дисперсии выходного сигнала. В основу решения положена концепция параметрической передаточной функции и гарантирование точности системы на классе стохастических возмущений. В расчетах учтено вычислительное запаздывание, исследовано его влияние на предельно достижимую точность управления. Выработаны практические рекомендации по проектированию. Ил. 7. Библиогр. 11 назв.

УДК 551.48 **Ключевые слова:** Северный морской путь (СМП), Северо-Западный проход, геополитика, стратегические военно-политические интересы, ВМС США, ВМФ России, навигационно-гидрографическое обеспечение (НГО)

**А.Ф. Зеньков, С.В. Решетняк, Н.Н. Геронов. Геополитические изменения в Арктике и проблемы навигационно-гидрографического обеспечения Северного морского пути // Морской вестник. 2014. № 2. С. 84**

Показано растущее значение Северного морского пути (СМП) в новых геополитических и меняющихся климатических условиях в Арктике, усиливающих интерес ведущих мировых экономик к использованию СМП как международной транзитной транспортной магистрали. Обсуждены стратегические военно-политические планы США в отношении СМП. Проанализированы основные направления и проблемы действующей системы навигационно-гидрографического обеспечения (НГО) в акватории СМП в новых геополитических условиях. Обоснована необходимость разработки Концепции и Программы развития НГО Северного морского пути. Ил.5. Библиогр. 14 назв.

УДК 623.746 **Ключевые слова:** посадка, беспилотный летательный аппарат, судно, оценка промаха

**А.А. Александров, А.А. Дергачев, В.В. Морозов. Оценка промаха приведения беспилотного летательного аппарата к захватному устройству движущегося судна // Морской вестник. 2014. № 2. С. 89**

Выполнен анализ влияния динамики летательного аппарата, движения судна и временных запаздываний в устройствах-измерителях и канале передачи данных на значение вертикальной составляющей промаха приведения беспилотного летательного аппарата к захватному устройству движущегося судна. Ил. 4. Библиогр. 4 назв.

УДК 629.5.067.2 **Ключевые слова:** суда, морские инженерные сооружения, спасательные средства,

ледокол, вертолет, экраноплан, аварийно-спасательное обеспечение

**Ю.Г. Варакосов, В.Н. Ильхин. К вопросу о создании коллективных спасательных средств для эвакуации экипажа и персонала судов и морских инженерных сооружений в арктических условиях // Морской вестник. 2014. № 2. С. 91**

На основе оценки состояния аварийно-спасательного обеспечения морских объектов в Арктике предлагается использовать для поисково-спасательных операций экранопланы, которые должны обеспечить безопасность морской деятельности Российской Федерации. Ил. 1.

УДК 629.5 **Ключевые слова:** торпедостроение, Ш.Г. Алиев, вклад в науку

**А.Г. Филимонов. Вручение диплома почетного доктора Ш.Г. Алиеву // Морской вестник. 2014. № 2. С. 93**

Знакомит с деятельностью доктора технических наук, Советника Председателя Правительства Республики Дагестан по науке и военно-промышленному комплексу, руководителя Центра прикладных технологий при Министерстве экономики Дагестана, члена Российского национального комитета по теоретической и практической механике Ш.Г. Алиева. Особое внимание уделено его вкладу в развитие отечественного торпедного оружия. Ил. 3.

УДК 629.5 **Ключевые слова:** Российский Морской регистр судоходства, Научно-технический Совет

**М.С. Бойко. Деятельность Научно-технического совета «Российского морского регистра судоходства» // Морской вестник. 2014. № 2. С. 95**

Знакомит с появлением Технического совета Регистра, вкладом таких ученых, как К.П. Боклевский, Ю.А. Шаманский, В.Л. Поздонин, С.Н. Благоевещенский, В.М. Пашин, Д.М. Ростовцев и др., в его становление и развитие, задачами, которые решал совет для разработки нормативных документов по постройке судов и обеспечению их остойчивости, мореходности и других характеристик. Особое внимание уделено деятельности Регистра в наши дни., внедрению современных информационных технологий, классификационной и научной деятельности. Ил. 8.

УДК 681.3.6:629.5.017 **Ключевые слова:** поврежденный корабль, подводная лодка (ПЛ), качка поврежденной ПЛ, шквальный ветер, несимметричные колебания, динамическая непотопляемость, дрейф, начальный угол крена

**П.А. Шауб, Л.Н. Шауб. Дополнительные соображения по статье «Информационная поддержка командного состава подводной лодки при борьбе за надводную непотопляемость» // Морской вестник. 2014. № 2. С. 98**

Речь идет о статье В.А. Антипова, В.Ю. Бобровича, Г.В. Лушина и др., опубликованной в журнале «Морской вестник», 2012, № 2 (42), с. 69. Дополнительные соображения касаются учета влияния нелинейности диаграммы статической и динамической остойчивости поврежденной подводной лодки (ПЛ), начального угла крена и дрейфа, влияющая влившейся воды в отсеки балластных цистерн всех категорий на параметры качки ПЛ при волнении моря и шквальном ветре. Показано, например, как влияют вышележающиеся характеристики на момент инерции поврежденной ПЛ. Библиогр. 4 назв.

УДК 629.12.073.243.4 **Ключевые слова:** мелководье, метод малого параметра, горизонтальные и вертикальные ускорения, нелинейные силы, метод интегральных уравнений

**Со Чжо Ту, В.Ю. Семенова. Расчет ускорений, возникающих при поперечной качке судна на мелководье с учетом нелинейных сил второго порядка // Морской вестник. 2014. № 2. С. 99**

Предложена методика расчета горизонтальных и вертикальных ускорений, возникающих при поперечной качке судна с учетом нелинейных сил второго порядка на мелководье. Для решения задачи используется метод интегральных уравнений. Приводятся результаты расчетов нелинейных сил и ускорений для различных судов в зависимости от изменения относительной глубины. Выполнен анализ полученных результатов. Т. 1. Ил. 4. Библиогр. 5 назв.

УДК 629.12.073.243.4 **Ключевые слова:** канал ограниченной глубины, метод интегральных уравнений, силы волнового дрейфа, метод зеркальных отображений, амплитуды продольной качки.

**Со Мое Аунг, В.Ю. Семенова. Определение сил волнового дрейфа при продольной качке судна в канале ограниченной глубины // «Морской вестник». 2014. № 2. С. 102**

Рассмотрен метод расчета сил и моментов волнового дрейфа, возникающих при продольной качке судна в канале ограниченной глубины. Для решения задачи использованы методы интегральных уравнений и зеркальных отображений. Приведены результаты расчетов дрейфовых сил для разных типов судов: баржи, сухогрузного судна и транспортного судна в зависимости от изменения ширины канала. Выполнен анализ полученных результатов. Т. 1. Ил. 5. Библиогр. 5 назв.

УДК 629.12.001 **Ключевые слова:** пассажирские перевозки, водный транспорт, скорость, катамаран

**А.Г. Ляховичский, Лвин Мин Кхант. Пассажирские перевозки водным транспортом в Союзе Мьянма // Морской вестник. 2014. № 2. С. 105**

Рассмотрен опыт создания скоростных пассажирских

катамаранов в России и отмечена целесообразность использования этого опыта для Союза Мьянма. Т. 2. Ил. 4. Библиогр. 10 назв.

УДК 656.611.2 **Ключевые слова:** Химический институт дистрибуции, веттинг, нефтяные компании, безопасность морской перевозки, оценка рисков, система управления, судоходная компания, танкер-химовозы.

**М.С. Акопов, Е.В. Хекерт. Организация системы управления судоходной компанией при прохождении инспекций Химического института дистрибуции // Морской вестник. 2014. № 2. С. 107**

Проанализированы организация системы управления флотом при инспектировании морских судов Химическим институтом дистрибуции, а также особенности требований, выдвигаемых в процессе проверок. Предложен комплексный подход к прохождению инспекций, для их успешного завершения. Т. 1. Ил. 2. Библиогр. 7 назв.

УДК 338.47 **Ключевые слова:** алгоритм, модель, дискретная динамическая система, оптимизация, критерий качества, инвестиции, кредиты, разовые выплаты, минимизация, процентная ставка, доходность.

**А.А. Чертков, Д.А. Загреднинов, Ю.Б. Михайлов. Оптимизация разовых выплат по кредитам при обновлении флота // Морской вестник. 2014. № 1. С. 109**

Рассмотрен алгоритм минимизации суммы разовых выплат заемных средств, базирующийся на процедуре оптимизации дискретной динамической системы с квадратичным критерием качества, реализуемой в вычислительной среде MATLAB. Достоверность результатов численного моделирования подтверждена экспериментом. В соответствии с предложенным алгоритмом выполнены расчеты общих сумм выплат по кредиту для различных процентных ставок, обеспечивающие выбор такого сценария, при котором минимизируются собственные выплаты на погашение кредитов. Ил. 1. Библиогр. 3 назв.

УДК 629.5 **Ключевые слова:** эскадренный миноносец «Сарыч», постройка, вооружение, ТТХ

**В.Е. Юхин. Эскадренный миноносец проекта 956 «Сарыч» // Морской вестник. 2014. № 2. С. 115**

Подробно проанализирована история проектирования и постройки эсминца «Сарыч». Приведены его тактико-технические характеристики, данные о вооружении. Особое внимание уделено проблемам, стоящим перед конструкторами при разработке проекта этого корабля. Т. 2. Ил. 4. Библиогр. 3 назв.

УДК 629.5 **Ключевые слова:** Версаль, аллегория, анимализм, морская мифология, Большой канал, бассейн Дракона, Водная аллея, грот Летис, купальня Нептуна, купальня нимф Дианы, фонтан Пирамида

**Ю.А. Филимонов. Формат символика парка «Версаль» // Морской вестник. 2014. № 2. С. 121**

В создании Версаля как памятника садово-паркового искусства Франции отразились не только личные вкусы его создателя – короля Людовика XIV, но также военные и политические победы. Отдельно прослеживается морская тематика, так как лидерство среди европейских военно-морских сил и освоение колониальных территорий входило в программу политики короля-Солнце. Она нашла отражение в скульптурах, фонтанах и отдельных постройках. Меняющиеся стилевые направления и желания монархов носили коррективы в облик Версаля, однако это не помешало строительству объектов, отражающих морскую тематику, господствовавшей при Людовике XV. Ил. 5. Библиогр. 3 назв.

УДК 629.5 **Ключевые слова:** А.Э. Цукшвердт, инженер-кораблестроитель

**С.М. Вилков, Д.А. Жирмуцкий. От «приемщика» кораблей до профессора корабельной архитектуры. К 120-летию со дня рождения А.Э. Цукшвердта // Морской вестник. 2014. № 2. С. 123**

Рассказ о видном инженере-кораблестроителе, инженер-капитане 1 ранга, докторе технических наук профессоре А.Э. Цукшвердте, который внес большой вклад в создание, модернизацию, приемку и ремонт боевых кораблей довоенной постройки, теории проектирования надводных кораблей и подготовку инженерных кадров для флота. Ил. 1.

УДК 629.5 **Ключевые слова:** «Северная верфь», суда космического флота, постройка, история

**И.О. Ивановский. Космическая флотилия «Северной верфи» // Морской вестник. 2014. № 2. С. 125**

Подробно рассмотрена история создания морского космического флота, от появления самой идеи до воплощения в НИС. Особое внимание уделено вкладу «Северной верфи» (ранее завод им. А.А. Жданова) в их постройку. Приведены основные характеристики судов, показаны их конструктивные особенности. Прослежена их судьба. Т. 2. Ил. 3.

УДК 629.5 **Ключевые слова:** Морское собрание, направления деятельности, отчет

**С.П. Сирий. Отчетно-выборная конференция Санкт-Петербургского Морского собрания // Морской вестник. 2014. № 2. С. 127**

Приведен отчет о деятельности Санкт-Петербургского Морского собрания. Перечислены мероприятия, проведенные им за прошедший период. На следующий 5-летний срок Председателем СПб МС переизбран Н.В. Орлов. Ил. 1.

## SUMMARIES

S. L. Pilikin, A. I. Domrachev, P. I. Korotin, S. M. Shamanin. Scientific and Research Icebreaker for complex geophysical researches

There are shown the necessity of specialized vessels and technical means creation for realization of integrated geophysical researches in the Arctic, as well as the possibility of application of coherent acoustic emitters as perspective signal sources for seismic surveys at sea, including those ones in ice conditions.

G. V. Egorov. Domestic waterage, the state of the river craft and the abilities of a new shipbuilding, including the one for Siberian rivers

The results of actual building of freight and passenger ships for «river» and «river-sea» navigation in recent years are represented, organic interrelation of new projects and the needs of the business community and regions is shown («saturated» tankers, passenger cruise ships of «Volgo-Balt max» and «Volgo-Don max» class, combined tankers-platforms for transportation of oil and dry cargoes, tankers and dry-cargo ships of «Lena max» class, shallow-draft tugs and tows for Siberian rivers and other new concepts) in terms of the real age structure and the obsolescence of the present fleet.

S. I. Vasilieva. Stake of the fleet – on «Admiralty shipyards»! Report on laying ceremony of the fourth submarine's keel «Krasnodar» series of boats proj. 636.3. Its main specifications are listed.

G. V. German, V. A. Rogozin, G. A. Emetchenkov. The forecast of labour content of new competitive ships building depending on conditions

The approach to the determination of relevant values of a new order construction complexity is discussed. A calculation algorithm for this indicator is proposed, the use of which eliminates the need to adjust the calculated dependences on the stage of specifications and pre-current project.

I. V. Scherbakov, G. V. Taritsa, I. R. Bagniyuk. Organization of design and quality evaluation of modern ship project

They analyze peculiarities of design organization and the main problems that emerge at quality evaluation of developed projects of vessels. The present-day methods of the project works are discussed. Action-oriented recommendations on expediency of development and application of a unified system of numerical quality criteria for an objective evaluation of the developed ship projects.

Launch of the series-produced Border Guard Cruiser (BGC) of the project 22460

It is reported on the launch of the series-produced Border Guard Cruiser (BGC) of the project 22460 in the OJSC «Shipbuilding company «Almaz». Its main specifications are listed.

D. Yu. Litinsky. Anti-submarine «Molniya» («Flashes»)

The history of creation of one of the least known basic combatant crafts modifications series «Molniya» («Flash») – anti-submarine – is overviewed. The possibility of unified hull and «platform» developing for designing a series of small warships of various purposes, including the ones for export is shown on the basis of the results of experimental studies performed in the Central Maritime Design Bureau «Almaz» in 2000–2007.

G. N. Muru. In commemoration of 60<sup>th</sup> anniversary of war shiprepairing creation

«The 51 Central Design and Technology Institute of Shiprepairing» celebrates its 60<sup>th</sup> anniversary. First, in order to launch the war shiprepairing system the Main Department of Ship-Repair Yards was created, later there appeared «The 51 CDTIS», that works today in the absence of the body forming a common technical policy in shiprepairing. The need of such a body is obvious. It will allow to solve the complex tasks of maintaining the fleet's availability.

V. E. Loskutov, A. A. Arutyunyan. The principles of determining the loads on manual controls

The formulas are deduced for calculating the load required when switching to manual controls, in mathematically complex case. Differential-integral calculus of guide value of permissible load, as well as higher algebra and differential-integral calculus are applied. The statistical analysis of the significance of the proposed formula is attached.

A. S. Petrushenko, O. V. Epifanov, A. G. Mikerov. Ship fittings. The layout of advanced electric drive valves

The elements and the structure of electric fittings, application of contactless DC motors, their advantages are discussed. Special attention is paid to the gear selection and use of direct drive. The functional scheme of perspective electric for ship fittings is described.

A. G. Danilovsky, A. A. Ivanchenko, Mjyo Chjo Tu. Comparative analysis of thermal schemes of auxiliary boiler plants on a tanker

The traditional schemes of powering consumers with the steam from the General line, which is supported by the auxiliary (AC) and utilization (UC) boilers, are used on tankers. It does not provide full heat utilization of secondary energy resources. The scheme of heat utilization, including double-circuit criminal code and high-temperature cooling section of rinsing air, is proposed that allows to receive three times more steam. As a result this significantly increases economic effect and reduces environmental pollution.

E. I. Korotkaya, V. I. Sutyryn. Methods of simulation and calculation-experimental research of efficiency of vibration insulation of ship machinery and equipment

The techniques of modeling and calculation-experimental research of efficiency of vibration insulation of ship machinery and equipment is implemented taking into account the reaction of the base (of the hull). Development is based on a method of structuring that is building converted computational model combining a limited number of computational nodes of initial finite-element partitioning of the analyzed object. The results of solving test problems are represented and analyzed.

V. V. Rybalko, Yu. A. Klochenko. The analysis of reliability parameters of ship gas-turbine power plants

Issues of providing reliability of ship gas-turbine power plants by analyzing operational information are stated, that ensure reliable assessment of the technical condition of the facilities.

G.S. Yaskov, D. B. Yakovlev. Situation and prospects of development of ships and vessels with the unified power systems of high voltage

About prospects of application of the unified power systems with the voltage of 6(10) kV on ships and vessels with electric propulsion.

A. V. Shvareva. Prospects for flat and profiled pipes use in heat exchangers

A new flat shaped tube, which is a plate cross-section of the complex form, is considered. The profile of the tube was developed in order to reduce weight and size characteristics of heat exchangers while maintaining their effectiveness.

A prototype of oil cooler MHD-4 made to verify heat engineering parameters while using the corrugated tube heat exchangers is described. A method for calculation of heat-exchange apparatus with flat tubes is represented, the comparison of calculation results of tests, that confirmed the verification procedure, is performed.

K. B. Karavashkin. «Cathelco» – the supplier of modern equipment for the Russian vessels

It provides with information about the British company «Cathelco LTD» – the partner of JSC «MNS». For six decades of its activity this company has gained an excellent reputation as a developer and manufacturer of marine systems of cathodic protection of vessel hulls against corrosion, pipelines – from biological growth, systems of water desalination and purification of ballast water. The company is currently actively developing Russian shipbuilding market. Dozens of ships, built at Russian shipyards and offshore platforms, have been already equipped with systems Cathelco.

V. M. Abrosyovskiy, Yu. V. Baglyuk, A. S. Slipchenko, S. P. Khabarov. Integrated control system of technical means

The purpose and components of the integrated systems of technical facilities control (ICS TF) of a ship, structure, types ICS TF. The main attention is paid to ICS TF, developed by JSC «Tranzas», their structure; peculiarities of their performance and purpose.

A. M. Tikhonenko, A. V. Lagoon. The system of joint use of surface combatants weapon: yesterday, today, tomorrow

They discuss issues of providing surface combatants and personnel safety by joint use of special means, including the system of joint safe use of weapon (SJUW), type of «Lock». They describe the principal of the system operation in details, its purpose and stages of development, starting with the first prototypes to modern developments with application of microprocessor technology and digital data transmission channels.

S. A. Bakharev, L. M. Klyachko, V. K. Smirnov, A. V. Torgunakov. On the issue of improving work of parametric receiving antennas location type

Here is discussed the problem of physical protection of high-risk objects: nuclear power, offshore oil and gas platforms and other. Authors propose to use methods of nonlinear acoustics in hydroacoustic means of special purpose (HAMSP) more, in particular, parametric receiving antenna of location type (PRALT), which allow with high directivity (units of degrees) to receive broadband (2–3 octave) hydroacoustic signals, including the ones with infrasound and low sound frequencies. The results of the use of acoustic and electromagnetic pumping in PRALT, that is part of HAMSP, are represented.

M. V. Sergeev. The modern approach to the development of electronic operational documentation for the automation systems of ship equipment

Modern approach to the development of technical documentation on the basis of international specifications S1000D, optimization of data modules is proposed. The features of coding data modules, additional opportunities of interactive electronic documentation are considered.

V. O. Rybinsky. Optimization of digital control systems with delay for undersea vehicle by the criterion of minimum assessment of instant dispersion

They discuss the design of digital regulator for the undersea apparatus control system at the rate, based on the criterion of minimum assessment of output signal instant variance. The concept of parametric transfer functions and guaranteeing the accuracy of the system on a class of stochastic perturbations were used for the basis of the decision. When calculating the authors took into account the computational delay, investigated its influence on the maximum possible precision. Practical design guidelines are developed.

A. F. Zen'kov, S. V. Reshetnyak, N. N. Nerorov. Geopolitical changes in the Arctic and problems of navigation and hydrographic support of the Northern Sea Route

The growing importance of the Northern Sea Route (NSR) is shown in the new geopolitical and changing climatic conditions in the Arctic that enhance the interest of leading world economies to the use of the NSR as an international transit transport route. Strategic military and political plans of the USA in relation to NSR are discussed. The main directions and problems of the existing system of navigational and hydrographic support (NHS) in the water area of NMR are analyzed in the new geopolitical conditions. The necessity of creation of the concept and development program of NHS of the Northern Sea Route is roved.

A. A. Aleksandrov, A. A. Dergachev, V. V. Morozov. Evaluation of misputing an unmanned aerial vehicle to the gripping device of moving ship

The analysis of the influence of the aircraft dynamics, vessel movement and time lags in the devices-measurers and data channel to the value of the vertical component of misputing unmanned aerial vehicle to the gripping device of moving ship is performed.

Yu. G. Varakosov, V. N. Ilyukhin. On the issue of design of collective life-saving appliances for evacuation of the crew and staff of vessels and offshore engineering structures in Arctic conditions

Following the study of offshore facilities provision with search-and-rescue appliances in the Arctic it is proposed in the article to use for search and rescue operations airfoil boats, which should ensure the safety of marine activity of the Russian Federation.

A. G. Filimonov. Presenting Sh. G. Aliyev with the diploma of the Doctor Honoris Causa

It introduces the work of the Doctor of Technical Sciences, Advisor of the Chairman of the Government of Republic Dagestan in Science and the Military-Industrial Complex, the Head of the Centre for Applied Technologies at the Ministry of Economy of Dagestan, the member of the Russian National Committee for Theoretical and Practical Mechanics, Sh. G. Aliyev. Special attention is paid to his contribution to the development of Russian torpedoes.

M. S. Boiko. The activities of the Scientific and Technical Council of «Russian Maritime Register of Shipping»

It describes how the Technical Council of the Register emerged, the contribution of such scholars as K.P. Boklevsky, Yu.A. Shamansky, V.L. Pozdnyunin, S.N. Blagoveschensky, V.M. Pashin, D.M. Rostovtsev and others, to its formation and development, the tasks that were decided by the Council to develop normative documents on the building of vessels and to ensure their stability, seaworthiness and other characteristics. Special attention is paid to the activity of the Register nowadays, to the introduction of modern information technologies, classification and scientific activity.

P. A. Schaub, L. N. Schaub. Additional considerations on «Information support of commanding officers of a submarine in the struggle for surface floodability»

The authors discuss the article by V.A. Antipov, V.Yu. Bobrovich, G.V. Lushin and others, published in the journal «Maritime Bulletin», 2012, No 2 (42), p.69. Additional considerations include the analysis of the influence of nonlinearity charts of damaged submarine's (SM) static and dynamic stability, initial angle of roll and drift, the impact of water poured in bays of ballast tanks of all categories on the parameters of SM pitching at sea state and squally wind. It is shown, for example, what the impact of the above characteristics is at the moment of damaged SM inertia.

So Chjo Tu, V. Yu. Semenova. The calculation of the accelerations occurring during cross rolling of the ship in shallow waters with nonlinear forces of the second order

They propose the technique of calculation of horizontal and vertical accelerations occurring during cross rolling of the ship taking into account the nonlinear forces of the second order in shallow water. The integral equation method is used for solving this task. They represent the results of calculations of nonlinear forces and accelerations for different vessels depending on the change in the relative depth. The analysis of the obtained results is also performed.

So Moe Aug, V. Yu. Semenova. Determination of the wave drift forces for longitudinal rolling of the ship in the channel of limited depth

The method of calculating the forces and moments of the wave drift arising from longitudinal rolling of the ship in the channel of limited depth is considered. The methods of integral equations and images are used for solving the problem. They represent the results of calculations of drift forces for different types of vessels: barge, dry cargo ships and transport vessels depending on the width change of the channel. The analysis of the received results is also performed.

A. G. Lyakhovitsky, Lvln Min Khan. Passenger water transportation in the Union of Myanma

The high-speed passenger catamarans creation experience in Russia is discussed, and the expediency of using this experience for the Union of Myanma is noted.

M. S. Akopov, E. V. Heckert. Organization of the shipping company management system at the inspections of the Chemical distribution Institute

Organization of the fleet management system at Chemical Distribution Institute's inspecting ships, as well as peculiar requirements, put forward in the process of inspections, are analyzed. A comprehensive approach to undergoing the inspections, to their successful completion is proposed.

A. A. Chertkov, D. A. Zagretidinov, Yu. B. Mikhailov. Optimization of single payments on loans when upgrading fleet

The algorithm for the minimization of single payment sums of borrowed funds, based on a procedure of optimization of discrete dynamical systems with a quadratic quality criterion, implemented in MatLAB computing environment, is represented. The results reliability of numerical simulation is confirmed by experiments. In accordance with the proposed algorithm they have made calculations of the total amounts paid on the loan for various interest rates, providing the choice of such a scenario in which own payments on repayment of loans are minimized.

V. E. Yuchnin. Torpedo-boat destroyer of the project 956 «Buz-zard»

The history of designing and building of the torpedo-boat destroyer «Buz-zard» is analyzed in details. Its tactical characteristics and specifications, data on armament are given. Special attention is paid to the problems that the designers faced when developing the project of this ship.

Yu. A. Filimonova. Marine symbolism of «Versailles» Park

There were not only the personal tastes of the park's founder – the King Louis XIV – but also military and political victories that reflected at the creation of Versailles as a monument of French garden art. Maritime theme can be particularly traced, as the lead among European naval forces and the development of colonial territories were included in the political program of the King «Sun». It was reflected in sculptures, fountains and private houses. Changing style direction and desires of monarchs made their adjustments in the image of Versailles, but it did not stop constructing facilities that demonstrated the marine symbolism, prevailing during the reign of Louis XV.

S. M. Vilkov, D. A. Zhirmunsky. From an «inspector» of ships to a Professor of naval architecture. In commemoration of 120<sup>th</sup> anniversary of A. E. Tsukshverdt

The story of the prominent engineer-shipbuilder, engineer-captain of the 1 rank, Doctor of Technical Sciences, Professor A. E. Tsukshverdt, who made a great contribution to the creation, modernization, inspection and repair of warships built before the war, to the design theory of surface combatants and training of engineers for the Navy.

I. O. Ivanovsky. The space fleet of the «Northern Shipyard»

The history of marine spacecraft creation is shown in details, from the emergence of the idea to its embodiment in RV. Special attention is paid to the contribution of «Northern Shipyard» (previously the plant named after A. A. Zhdanov) to their building. The main specifications of the vessels are listed, their design features are demonstrated. Their life is traced.

S. P. Siriy. Report-back election conference of St. Petersburg Marine Assembly

It is a report on the activities of St. Petersburg Marine Assembly. There are events, hold for the previous period, are listed. N.V. Orlov has been elected the Chairman of SpB MC for the next 5-year term.





Герб  
Санкт-Петербургского  
Морского собрания



# Санкт-Петербургское Морское Собрание

1910

ОСНОВАНИЕ

1995

ВОЗРОЖДЕНИЕ

Собрание Морское –  
Союз морских людей

Здесь знают, что такое  
Отечество и Честь



Орден  
«За заслуги в морской  
деятельности  
1 степени»



Орденский знак  
Санкт-Петербургского  
Морского собрания



Золотая медаль  
«Петр I»



Орден  
«За воинскую доблесть  
1 степени»



Орден  
«За трудовую доблесть  
1 степени»



190000, Санкт-Петербург,  
Английская набережная, 42  
Тел.: (812) 312-70-92, 315-26-70



Серебряная медаль  
«А.Н. Крылов»