

# Морской Вестник



№4(72)  
декабрь  
2019  
ISSN 1812-3694

*Morskoy Vestnik*

Честь - Флот - Отечество

2020

2010



1910

Санкт-Петербургское  
Морское Собрание





**25** октября 2019 г. в АО «Адмиралтейские верфи» состоялась торжественная церемония спуска на воду головного патрульного корабля ледового класса «Иван Папанин» пр. 23550 для ВМФ России. В церемонии приняли участие начальник Технического управления ВМФ контр-адмирал Игорь Зварич, председатель Совета директоров АО «Объединенная судостроительная корпорация» Георгий Полтавченко и генеральный директор предприятия Александр Бузаков.

Достойным подарком к 315-летию верфей назвал спуск на воду патрульного ледокола «Иван Папанин» генеральный директор верфей: «Это событие знаменует для нас принципиально новый этап в строительстве судов ледового класса, поскольку данный корабль не имеет аналогов по совокупности своих технических характеристик, – подчеркнул Александр Бузаков. – Символично, что рядом, на этом же стапеле, строится ледостойкая самодвижущаяся платформа «Северный полюс» – тезка первой в мире советской полярной научно-исследовательской станции, которая в 1937 г. дрейфовала в Арктике под руководством Ивана Папанина. И нет сомнения, что новый патрульный корабль станет еще одним вкладом верфей в создание арктической группировки ВМФ России».

«Новый корабль, который мы сегодня спускаем на воду на «Адмиралтейских верфях», предназначен для выполнения задач в суровых условиях Арктики, – отметил начальник Технического управления ВМФ России Игорь Зварич. – Для этого на нем предусмотрены сверхпрочный корпус, мощная главная энергетическая установка и современное вооружение. Уверен, что он в полной мере будет соответствовать своему легендарному имени!»

Председатель Совета директоров АО «ОСК» Георгий Полтавченко сказал: «Это уникальный и универсальный корабль: по сути своей военный, но созданный и для мирной работы. Он совмещает функции ледокола, буксира, патрульного и научного судна. Может решать неограниченное количество различных задач и, благодаря заложенным конструкторским решениям, работать в арктическом регионе максимально эффективно. Уверен, что у этого корабля, как и у российской Арктики, большое будущее!»

Патрульный корабль пр. 23550 (шифр «Арктика») предназначен для охраны арктических водных ресурсов; конвоирования и буксировки в порт задержанных судов; сопровождения и поддержки судов обеспечения; проведения спасательных операций (в том числе снятия севших на мель судов), тушения пожаров, перевозки спецгрузов.

## НА «АДМИРАЛТЕЙСКИХ ВЕРФЯХ» СПУЩЕН НА ВОДУ ПАТРУЛЬНЫЙ КОРАБЛЬ ЛЕДОВОГО КЛАССА «ИВАН ПАПАНИН»

АО «Адмиралтейские верфи»,  
контакт. тел. (812) 495 2544



Выступает генеральный директор АО «Адмиралтейские верфи» А.С. Бузаков

Водоизмещение корабля – около 9000 т, длина – 114 м, ширина – 18 м, осадка – 6 м. Энергоустановка мощностью ок. 15 МВт позволит развивать скорость до 18 уз. Пропульсивный комплекс состоит из двух полноповоротных винторулевых колонок мощностью ок. 6000 кВт каждая и подруливающего устройства тоннельного типа мощностью ок. 500 кВт. Автономность – около 70 сут, дальность плавания – до 10 000 миль. Основной экипаж – 49 человек, дополнительный – 47.

Корабль способен преодолевать лед толщиной до 1,7 м и ходом – до 1 м (регистрационный класс Arc7). Палубное оборудование – буксирное устройство с тяговым усилием около 80 тс и два грузовых электрогидрав-

лических крана грузоподъемностью 28 т каждый.

Вооружение включает 76-мм автоматическую артиллерийскую установку АК-176МА, крупнокалиберные пулеметы и переносные зенитно-ракетные комплексы. На корабле будут установлены радиолокационная станция освещения воздушной и надводной обстановки и гидрометеорологическая станция. Предусмотрена возможность постоянного базирования корабельного вертолета типа Ка-27. Корабль несет десантно-штурмовую лодку пр. 02800 и катер на воздушной подушке пр. 23321 «Манул».

Контракт на строительство патрульного корабля «Иван Папанин» был подписан 25 апреля 2016 г., закладка состоялась 19 апреля 2017 г. ■



Патрульный ледокол «Иван Папанин» на воде

# Морской Вестник



№ 4 (72)  
декабрь  
2019

Morskoy Vestnik

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

## Редакционный совет

### Председатель

**А.Л. Рахманов**, президент

АО «Объединенная судостроительная корпорация»

### Сопредседатели:

**М.В. Александров**, генеральный директор АО «ЦТСС»,

президент Ассоциации судостроителей СПб и ЛО

**В.С. Никитин**, президент Международного

и Российского НТО судостроителей

им. акад. А.Н. Крылова

**Г.А. Турчин**, ректор СПбГМТУ

### Члены совета:

**М.А. Александров**, директор

ЗАО «ЦНИИ СМ»

**А.С. Бузаков**, генеральный директор

АО «Адмиралтейские верфи»

**Н.М. Вихров**, генеральный директор

ЗАО «Канонерский судоремонтный завод»

**Е.Т. Гамбашидзе**, генеральный директор

АО «Системы управления и приборы»

**В.Ю. Дорофеев**, генеральный директор

АО «СПМБМ «Малахит»

**В.В. Дударенко**, председатель совета директоров

ООО «Судпромкомплект»

**А.А. Дьячков**, генеральный директор

АО «Северное ПКБ»

**Г.В. Егоров**, генеральный директор

ООО «Морское инженерное бюро-СПб»

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

**А.А. Копанев**, генеральный директор

АО «НПФ «Меридиан»

**Г.А. Коржавин**, генеральный директор

АО «Концерн «Гранит-Электрон»

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

**Л.Г. Кузнецов**, генеральный конструктор

АО «Компрессор»

**Г.Н. Муру**, исполнительный директор АО «51 ЦКТИС»

**Н.В. Орлов**, председатель

Санкт-Петербургского Морского Собрания

**А.Г. Родионов**, генеральный директор

АО «Кронштадт Технологии»

**С.В. Савков**, генеральный директор

АО «Новая ЭРА»

**В.А. Середохо**, генеральный директор

АО «СНСЗ»

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

**А.С. Соловьев**, генеральный директор

ПАО «Выборгский судостроительный завод»

**С.Б. Сухов**, генеральный директор

ООО «Пумори-северо-запад»

**И.С. Суховинский**, директор ООО «ВИНЕТА»

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

**А.Л. Ульянов**, генеральный директор

ООО «Нева-Интернэшнл»

**С.Г. Филимонов**, генеральный директор

АО «Концерн Морфлот»

**Г.Р. Цатуров**, генеральный директор

ОАО «Пелла»

**В.В. Шаталов**, генеральный директор

АО КБ «Вымпел»

**К.Ю. Шилов**, генеральный директор

АО «Концерн «НПО «Аврора»

**А.В. Шляхтенко**, генеральный директор

АО «ЦМКБ «Алмаз»

**И.В. Щербаков**, генеральный директор

ООО ПКБ «Петробалт»

## СОДЕРЖАНИЕ

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ И КОНСТРУКЦИЯ СУДОВ

- На «Адмиралтейских верфях» спущен на воду патрульный корабль ледового класса «Иван Папанин»* ..... 1
- А. Г. Егоров**. *Определение фактической пассажировместимости отечественных речных круизных пассажирских судов с прогнозом до 2030 года* ..... 7
- М. А. Александров, Д. А. Скороходов**. *Выбор параметров движения исполнительных органов судна на подводных крыльях* ..... 15
- К 60-летию М. А. Александрова* ..... 17
- А. В. Шляхтенко, А. Л. Ивченко**. *«Светляк» – 30 лет на страже морских границ* ..... 19
- «Пелла» ставит рекорды в строительстве рыболовного флота* ..... 27
- В. В. Крылов, Р. А. Шмаков**. *Первая высокоскоростная титановая подводная лодка. К 50-летию создания АПЛ проекта 661* ..... 29

### ТЕХНОЛОГИЯ СУДОСТРОЕНИЯ, СУДОРЕМОНТА И ОРГАНИЗАЦИЯ СУДОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

- А. Г. Смирнов**. *Анализ материалоемкости плавучих доков, используемых для спуска судов на воду и подъема с воды на берег* ..... 33
- Средне-Невский судостроительный завод – верфь будущего* ..... 39
- В. Л. Кудинов**. *Анализ восстановления работоспособности систем дистанционного автоматизированного управления главных и вспомогательных двигателей, общекорабельных систем на кораблях иностранной постройки* ..... 41

### СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И ИХ ЭЛЕМЕНТЫ

- А. Р. Тогуниц, С. Л. Анчиков, Л. И. Вишневский**. *Соосные гребные винты в зарубежном и отечественном судостроении* ..... 44
- Шлифовка лопаток двигателей – теперь задача для роботов* ..... 51
- Е. И. Владимиров, А. А. Неёлов, М. П. Тихомиров, Р. С. Мещеров, В. И. Чузунов**. *Электрообогрев на судах. Необходимые решения для борьбы с обледенением морских судов* ..... 53
- К. Э. Елизаров**. *Краткий обзор состояния рынка стационарных двигателей для маломерного флота. Предложения отечественных предприятий* ..... 58
- Г. А. Кушнер, В. А. Мамонтов**. *Совершенствование методики расчета статической прочности элементов валопровода судна* ..... 62
- В. А. Колесник, В. Н. Круглеевский, А. В. Марковский, М. В. Марковский**. *Повышение эффективности средств оценки пожарной опасности в корабельных отсеках при использовании в их составе электрориндукционного пожарного извещателя (ЭИПИ)* ..... 64
- Б. Ю. Семенов, Р. Н. Кодрян, О. Ф. Воробьев, А. В. Бондарец**. *Моделирование потока теплообмена для прогнозирования температуры электронных элементов изделия в средах с повышенной температурой окружающей среды* ..... 71





## ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

|  |    |
|--|----|
| <b>И. В. Бедняков, В. В. Ефимов, Д. Ю. Сарычев, Ф. В. Суцинский.</b> Платформа «Муссон» – новые возможности создания судовых интегрированных навигационных систем .....                    | 74 |
| <b>К. Ю. Шилов, С. В. Федоров, К. О. Строкин.</b> Технология отладки программного обеспечения корабельных автоматизированных систем управления на основе компьютерного моделирования ..... | 81 |
| <b>В. В. Кобзев, В. В. Иваницкий, Ю. Н. Сизов.</b> Использование бортовых тренажеров для подготовки корабельных операторов по специальности .....  | 83 |
| <b>Г. А. Коржавин, Ю. Ф. Подоплёкин, О. Г. Мальцев.</b> Оценка систематических погрешностей курсовых систем взаимодействующих надводных кораблей тактической группы .....                  | 88 |
| <b>В. Г. Ерышов, Р. Д. Куликов, Д. А. Богданов.</b> Моделирование процесса несанкционированного доступа к конфиденциальной информации на предприятиях промышленного сектора .....          | 93 |
| <b>Ю. И. Нечаев.</b> Нестационарная динамика экстренных вычислений в кораблестроении и морской технике .....   | 99 |

## ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА, СУДОВОЖДЕНИЕ

|   |     |
|---|-----|
| <b>Л. М. Клячко, В. В. Дударенко.</b> Рейтинговые оценки развития морской деятельности регионов Российской Федерации .....  | 103 |
| <b>К 80-летию В. В. Дударенко .....</b>   | 107 |
| <b>М. А. Смирнов.</b> Скоростные пассажирские суда: транспортные, технические и эксплуатационные аспекты .....  | 108 |
| <b>П. О. Астахов, Ф. В. Кузин.</b> Электронный навигационный секстан .....  | 114 |
| <b>О. И. Аришина, Ю. Л. Данчук, Л. А. Промыслов, В. Н. Илюхин.</b> О необходимости принятия концепции развития системы обеспечения безопасности на водных объектах Санкт-Петербурга ..... | 115 |

## В НТО СУДОСТРОИТЕЛЕЙ

|  |     |
|--|-----|
| <b>В. С. Никитин, А. Н. Мирошников.</b> Путь, начертанный судьбой. К 100-летию юбилею Г. Л. Просянкина ..... | 121 |
| <b>К. В. Рождественский.</b> РАAMES/АМЕС 2020 стартует в Санкт-Петербурге 28 сентября 2020 г. ....           | 122 |

## В АССОЦИАЦИИ СУДОСТРОИТЕЛЕЙ

|  |     |
|--|-----|
| <b>Итоги совместного собрания Ассоциации судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области и Секции по судостроению Морского Совета при Правительстве Санкт-Петербурга .....</b> | 123 |
|--|-----|

## В МОРСКОМ СОБРАНИИ

|  |     |
|--|-----|
| <b>Г. А. Гребенщикова.</b> Санкт-Петербургское Морское Собрание. 110 лет на службе Отечеству ..... | 124 |
|--|-----|

### Главный редактор

**Э. А. Конов,** канд. техн. наук

**Зам. главного редактора**

**Д. С. Глухов**

Тел./факс: (812) 6004586

Факс: (812) 5711545

E-mail: morvest@gmail.com

www.morvest.ru

### Редакционная коллегия

**Г. Н. Антонов,** д-р техн. наук

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

**Е. А. Горин,** д-р эконом. наук

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

**Б. П. Ионов,** д-р техн. наук, проф.

**Д. В. Казунин,** д-р техн. наук

**Р. Н. Караев,** канд. техн. наук

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

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

**П. А. Кротов,** д-р истор. наук, проф.

**П. И. Малеев,** д-р техн. наук

**Ю. И. Нечаев,** 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

**А. В. Пустошный,** чл.-корр. РАН

**А. А. Родионов,** д-р техн. наук, проф.

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

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

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

### Редакция

Тел./факс: (812) 6004586

E-mail: morvest@gmail.com

### Редактор

**Т. И. 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](http://www.elibrary.ru) и включена

в Российский индекс научного цитирования

**Решением Президиума ВАК** журнал «Морской вестник»

включен в перечень ведущих научных журналов и

изданий, выпускаемых в РФ, в которых должны быть

опубликованы основные научные результаты диссертаций

на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.

[www.perechen.vak2.ed.gov.ru](http://www.perechen.vak2.ed.gov.ru)

### Подписка на журнал «Морской вестник»

(индекс 36093) может быть оформлена по каталогу

Агентства «Роспечать» или непосредственно

в редакции журнала через издательство «Мор Вест»

**Отпечатано** в типографии «Премиум-пресс»

Тираж 1000 экз. Заказ № 2081

Ответственность за содержание информационных и

рекламных материалов, а также за использование

сведений, не подлежащих публикации в открытой

печати, несут авторы и рекламодатели. Перепечатка

допускается только с разрешения редакции

# Морской Вестник



№4(72)  
December  
2019

Morskoy Vestnik

SCIENTIFIC, ENGINEERING, INFORMATION AND ANALYTIC MAGAZINE

## Editorial Council

### Chairman

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

### Co-chairman:

**M.V. Alexandrov**, General Director JSC SSTC,  
President of the Association  
of Shipbuilders of St. Petersburg and Leningrad Region

### V.S. Nikitin,

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

**G.A. Turichin**, Rector SPbSMTU

### Council Members:

**M.A. Alexandrov**, Director JSC CRIME

**A.S. Buzakov**, General Director  
JSC Admiralty Shipyards

**A.A. Diachkov**, General Director

JSC Severnoye Design Bureau

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

JSC SPMDB Malachite

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

JSC Sudpromkomplekt

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

JSC Marine Engineering Bureau Spb

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

JSC Concern Morflot

**E.T. Gambashidze**, General Director

JSC Control Systems and Instruments

**E.A. Konov**, Director

JSC Publishing House Mor Vest

**A.A. Kopanov**, General Director

JSC SPF Meridian

**G.A. Korzhavin**, General Director

JSC Concern Granit-Elektron

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

**L.G. Kuznetsov**, General Designer

JSC Compressor

**G.N. Muru**, Executive Director JSC 51 CDTISR

**N.V. Orlov**, Chairman

St. Petersburg Marine Assembly

**A.G. Rodionov**, General Director

JSC Kronstadt Technologies

**S.V. Savkov**, General Director

JSC NE

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

**V.A. Seredokho**, General Director JSC SNSZ

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

JSC DB Vympel

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

JSC Concern SPA Avrora

**A.V. Shlyakhtenko**, General Director JSC CMDB Almaz

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

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

PIJSC Vyborg Shipyard

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

JSC Pumorì-north-west

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

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

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

OJSC Pella

**A.L. Ulyanov**, General Director

LLC Neva International

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

JSC Kanonersky Shiprepairing Yard

## CONTENTS

### SHIP DESIGN AND CONSTRUCTION

- Ice class patrol ship Ivan Papanin was launched at the Admiralty Shipyards*..... 1  
**A.G. Egorov**. Determination of the actual passenger capacity of domestic river cruise passenger ships with a forecast up to 2030 ..... 7  
**M.A. Aleksandrov, D.A. Skorokhodov**. The choice of motion parameters of the hydrofoils of the vessel's executive organs..... 15  
*To the 60<sup>th</sup> anniversary of M.A. Aleksandrov* ..... 17  
**A.V. Shlyakhtenko, A.L. Ivchenko**. «Svetlyak» – 30 years on guard of the sea borders ..... 19  
*Pella sets records in the construction of the fishing fleet*..... 27  
**V.V. Krylov, R.A. Shmakov**. The first high-speed titanium submarine. On the 50<sup>th</sup> anniversary of the creation of the nuclear submarine of project 661 ..... 29

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

- A.G. Smirnov**. Analysis of the material consumption of floating docks used for launching ships on water and lifting from water to shore ..... 33  
*Sredne-Nevisky shipyard – shipyard of the future* ..... 39  
**V.L. Kudinov**. Analysis of the restoration of operability of remote automated control systems for main and auxiliary engines, general ship systems on foreign-built ships ..... 41

### SHIP POWER PLANTS AND THEIR ELEMENTS

- A.R. Togunjac, S.L. Anchikov, L.I. Vishnevsky**. Coaxial propellers in foreign and domestic shipbuilding ..... 44  
*Grinding engine blades – now a task for robots* ..... 51  
**E.I. Vladimirov, A.A. Neyolov, M.P. Tikhomirov, R.S. Meshcheroz, V.I. Chugunov**. Electric heating on ships. Necessary solutions for combating icing of sea vessels..... 53  
**K.E. Elizarov**. A brief overview of the stationary engine market for the small fleet. Proposals of domestic enterprises ..... 58  
**G.A. Kushner, V.A. Mamontov**. Improving the methodology for calculating the static strength of the shaft elements ..... 62  
**V.A. Kolesnik, V.N. Kruglevsky, A.V. Markovskiy, M.V. Markovskiy**. Improving the effectiveness of fire hazard assessment tools in ship compartments when using an electric induction fire detector (IPEI) in their composition ..... 64  
**B.Yu. Semenov, R.N. Kodryan, O.F. Vorob'yov, A.V. Bondarets**. Modeling the heat transfer flow for predicting the temperature of electronic components in environments with elevated ambient temperatures ..... 71





## INFORMATION-MEASURING AND MANAGEMENT SYSTEMS

|  |    |
|--|----|
| <b>I.V. Bednyakov, V.V. Efimov, D.Yu. Sarychev, F.V. Sushchinsky.</b> <i>The Monsoon Platform – New Opportunities for Creating Ship Integrated Navigation Systems</i> .....        | 74 |
| <b>K.Yu. Shilov, S.V. Fedorov, K.O. Strokin.</b> <i>Technology for debugging software for shipboard automated control systems based on computer modeling</i> .....                 | 81 |
| <b>V.V. Kobzev, V.V. Ivanitsky, Yu.N. Sizov.</b> <i>The use of on-board simulators for the training of ship operators in the specialty</i> .....                                   | 83 |
| <b>G.A. Korzhavin, Yu.F. Podoplyokin, O.G. Maltsev.</b> <i>Estimation of the systematic errors of course systems of the tactical group of interacting surface ships</i> .....      | 88 |
| <b>V.G. Eryshov, R.D. Kulikov, D.A. Bogdanov.</b> <i>Modeling the process of unauthorized access to confidential information at the enterprises of the industrial sector</i> ..... | 93 |
| <b>Yu.I. Nechaev.</b> <i>Unsteady dynamics of emergency computing in shipbuilding and marine engineering</i> .....   | 99 |

## OPERATION OF WATER TRANSPORT, SHIP NAVIGATION

|   |     |
|---|-----|
| <b>L.M. Klyachko, V.V. Dudarenko.</b> <i>Rating estimates of the development of marine activities of the regions of the Russian Federation</i> .....                                | 103 |
| <i>To the 80<sup>th</sup> anniversary of V.V. Dudarenko</i> .....   | 107 |
| <b>M.A. Smirnov.</b> <i>Fast passenger ships: transport, technical and operational aspects</i> ....   | 108 |
| <b>P.O. Astakhov, F.V. Kuzin.</b> <i>Electronic navigational sextant</i> .....  | 114 |
| <b>O.I. Arishina, Yu.L. Danchuk, L.A. Promyslov, V.N. Ilykhin.</b> <i>On the need to adopt the concept of developing a security system for water bodies in St. Petersburg</i> ..... | 115 |

## IN THE SCIENTIFIC AND TECHNICAL ASSOCIATION OF SHIPBUILDERS

|  |     |
|--|-----|
| <b>V.S. Nikitin, A.N. Miroshnikov.</b> <i>The path drawn by fate. On the occasion of the 100<sup>th</sup> anniversary of G.L. Prosyankin</i> ..... | 121 |
| <b>K.V. Rozhdestvensky.</b> <i>PAAMES/AMEC 2020 starts in St. Petersburg on September 28, 2020</i> .....   | 122 |

## IN THE ASSOCIATION OF SHIPBUILDERS

|   |     |
|---|-----|
| <i>Results of the joint meeting of the Association of Shipbuilders of Saint-Petersburg and the Leningrad Region and the Shipbuilding Section of the Maritime Council under the Government of Saint-Petersburg</i> ..... | 123 |
|---|-----|

## IN THE MARITIME ASSEMBLY

|  |     |
|--|-----|
| <b>G.A. Grebenshchikova.</b> <i>Saint-Petersburg Maritime Assembly. 110 years in the service of the Fatherland</i> ..... | 124 |
|--|-----|

### Editor-in-Chief

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

### Deputy Editor-in-Chief

**D.S. Glukhov**

Phone/Fax: +7 (812) 6004586

Fax: +7 (812) 5711545

E-mail: [morvest@gmail.com](mailto:morvest@gmail.com)

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

### Editorial Collegium

**G.N. Antonov**, D. Sc.

**V.I. Chernenko**, D. Sc., Prof.

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

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

**V.N. Ilukhin**, D. Sc., Prof.

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

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

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

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

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

**P.A. Krotov**, D. Sc., Prof.

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

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

**Yu.F. Podoplyokin**, 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.

**A.V. Pustoshny**, corresponding member of the Academy of Sciences of Russia

**A.A. Rodionov**, D. Sc., Prof.

**K.V. Rozhdestvensky**, D. Sc., Prof.

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

**Editorial staff**

Phone/Fax +7 (812) 6004586

E-mail: [morvest@gmail.com](mailto: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](http://www.elibrary.ru) and is also included to the

Russian index of scientific citing

**By the decision of the Council of VAK** the Morskoy Vestnik magazine is entered on the list of the leading scientific magazines and editions published in the Russian Federation where basic scientific outcomes of doctoral dissertations shall be published.

[www.perechen.vak2.ed.gov.ru](http://www.perechen.vak2.ed.gov.ru)

You can **subscribe to the Morskoy Vestnik** magazine

using the catalogue of «Rospechat» agency (subscription

index 36093) or directly at the editor's office via the

Morvest Publishing House

**Printed** in the Printing-House «Premium-press»

Circulation 1000. Order № 2081

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

**П**остановка проблемы. Рынок речных круизных перевозок, несмотря на кризисные явления начала XXI в., продолжает развиваться: строятся новые речные круизные пассажирские суда (РКПС), в том числе с использованием судов-доноров [1–3], переоборудуются и модернизируются старые [4], появляются новые взгляды на организацию круизов, новые маршруты [5–8].

Такое развитие – вполне адекватная реакция рынка на спрос со стороны клиентов (растет платежеспособность, повышаются требования к качеству круиза, увеличивается спрос иностранных туристов на круизы не только на классической линии Москва–Санкт-Петербург, но и, к примеру, частично на морские линии с выходом в Каспийское море, на круизы по восточным рекам России).

Однако далеко не все существующие РКПС переоборудованы и модернизированы в соответствии с современными понятиями круизного судна, да и, как показало исследование [9], не все проекты одинаково подходят для пере-

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТИЧЕСКОЙ ПАССАЖИРОВМЕСТИМОСТИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ РЕЧНЫХ КРУИЗНЫХ ПАССАЖИРСКИХ СУДОВ С ПРОГНОЗОМ ДО 2030 ГОДА

**А.Г. Егоров**, канд. техн. наук,  
ст. науч. сотрудник ООО «Морское инженерное бюро – СПб»,  
контакт. тел. (812) 233 6403

оборудования, затраты могут достигать 30–50% от стоимости нового судна, как следствие – утилизация определенной части РКПС.

Общая пассажироместимость отечественных РКПС при этом продолжает снижаться как вследствие списания судов, так и уменьшения числа мест при повышении комфортабельности во время переоборудований.

При разработке проектов новых РКПС и модернизации существующих

крайне важно иметь представление о реальной ситуации с фактической пассажироместимостью РКПС, поэтому настоящее исследование представляется актуальным и своевременным.

*Цель статьи* – определение фактической пассажироместимости работающих РКПС с прогнозом до 2030 г.

Для решения поставленной задачи были исследованы 113 имеющих действующий класс PPP (на 2019 г.) РКПС (табл. 1).

Таблица 1

*Пассажироместимость речных круизных пассажирских судов, имеющих действующий класс PPP на 2019 г.*

| №  | Проект | Название судна                      | Год постройки | Пассажироместимость |             | Уменьшение пассажироместимости, % | Тип модернизации                       |
|----|--------|-------------------------------------|---------------|---------------------|-------------|-----------------------------------|--|
|    |        |                                     |               | проектная           | фактическая |                                   |  |
| 1  | 301    | «Виссарион Белинский»               | 1980          | 360                 | 289         | 19,72                             | Сохранение философии                   |
| 2  | 301    | «Александр Радищев»                 | 1982          | 360                 | 272         | 24,44                             | То же                                  |
| 3  | 301    | «Константин Коротков»               | 1976          | 360                 | 255         | 29,17                             | Сохранение философии                   |
| 4  | 301    | «Константин Федин»                  | 1980          | 360                 | 222         | 38,33                             | Существенная модернизация              |
| 5  | 301    | «Кронштадт»                         | 1979          | 360                 | 222         | 38,33                             | То же                                  |
| 6  | 301    | «Нижний Новгород»                   | 1977          | 360                 | 214         | 40,56                             | » »                                    |
| 7  | 301    | «Николай Чернышевский»              | 1981          | 360                 | 228         | 36,67                             | » »                                    |
| 8  | 301    | «Санкт-Петербург»                   | 1974          | 360                 | 210         | 41,67                             | » »                                    |
| 9  | 301    | «Андрей Рублев»                     | 1981          | 360                 | 296         | 17,78                             | Сохранение философии                   |
| 10 | 301    | «Княжна Виктория»                   | 1982          | 360                 | 206         | 42,78                             | Балконы, существенная модернизация     |
| 11 | 301    | «Михаил Булгаков»                   | 1979          | 360                 | 307         | 14,72                             | Частично балконы, сохранение философии |
| 12 | 301    | «Николай Карамзин»                  | 1981          | 360                 | 309         | 14,17                             | Сохранение философии                   |
| 13 | 301    | «Россия»                            | 1978          | 360                 | 224         | 37,78                             | Балконы, существенная модернизация     |
| 14 | 301    | «Петр Чайковский»                   | 1977          | 360                 | 207         | 42,50                             | Существенная модернизация              |
| 15 | 301    | «Тихий Дон»                         | 1977          | 360                 | 232         | 35,56                             | То же                                  |
| 16 | 301    | «Владимир Маяковский»               | 1978          | 360                 | 317         | 11,94                             | Сохранение философии                   |
| 17 | 301    | «Федор Достоевский»                 | 1983          | 360                 | 280         | 22,22                             | То же                                  |
| 18 | 301    | «Викинг Рюрик»                      | 1975          | 360                 | 215         | 40,28                             | Балконы, существенная модернизация     |
| 19 | 92-016 | «Феликс Дзержинский»                | 1978          | 400                 | 339         | 15,25                             | Сохранение философии                   |
| 20 | 92-016 | «Сергей Кучкин»                     | 1979          | 400                 | 300         | 25,00                             | То же                                  |
| 21 | 92-016 | «Михаил Фрунзе»                     | 1980          | 400                 | 328         | 18,00                             | » »                                    |
| 22 | 92-016 | «Мстислав Ростропович»              | 1981          | 400                 | 212         | 47,00                             | Балконы, существенная модернизация     |
| 23 | 92-016 | «Александр Суворов»                 | 1981          | 400                 | 307         | 23,25                             | Сохранение философии                   |
| 24 | 92-016 | «Семён Будённый»                    | 1981          | 400                 | 299         | 25,25                             | То же                                  |
| 25 | 92-016 | «Георгий Жуков»                     | 1983          | 400                 | 318         | 20,50                             | » »                                    |
| 26 | 302    | «Константин Симонов»                | 1984          | 332                 | 288         | 13,25                             | » »                                    |
| 27 | 302    | «Ленин»                             | 1987          | 332                 | 278         | 16,27                             | » »                                    |
| 28 | 302    | «Георгий Чичерин»                   | 1988          | 332                 | 298         | 10,24                             | » »                                    |
| 29 | 302    | «Зосима Шашков»                     | 1986          | 332                 | 298         | 10,24                             | » »                                    |
| 30 | 302    | «Леонид Соболев»                    | 1985          | 332                 | 284         | 14,46                             | » »                                    |
| 31 | 302    | «Русь»                              | 1987          | 332                 | 282         | 15,06                             | » »                                    |
| 32 | 302    | «Юрий Андропов»                     | 1986          | 332                 | 296         | 10,84                             | » »                                    |
| 33 | 302    | «Княжна Анастасия»                  | 1989          | 332                 | 298         | 10,24                             | » »                                    |
| 34 | 302    | «Леонид Красин»                     | 1989          | 332                 | 317         | 4,52                              | » »                                    |
| 35 | 302М   | «Максим Литвинов»<br>(«Кандинский») | 1991          | 350                 | 200         | 42,86                             | Существенная модернизация              |
| 36 | 302    | «Генерал Лавриненков»               | 1990          | 332                 | 184         | 44,58                             | Балконы, существенная модернизация     |

## Данные по пассажироместности речных круизных пассажирских судов, имеющих действующий класс PPP на 2019 г.

| №  | Проект         | Название судна                  | Год постройки | Пассажироместность |             | Уменьшение пассажироместности, % | Тип модернизации   |
|----|----------------|---------------------------------|---------------|--------------------|-------------|----------------------------------|--|
|    |                |                                 |               | проектная          | фактическая |                                  |  |
| 37 | 302            | «Иван Бунин»                    | 1985          | 332                | 216         | 34,94                            | Существенная модернизация  |
| 38 | 302            | «Игорь Стравинский»             | 1985          | 332                | 220         | 33,73                            | Балконы, существенная модернизация                                 |
| 39 | 302            | «Сергей Дягилев» («Рахманинов») | 1983          | 332                | 208         | 37,35                            | Существенная модернизация  |
| 40 | 302            | «Волга Стар»                    | 1984          | 332                | 200         | 39,76                            | То же  |
| 41 | 302            | «Дмитрий Фурманов»              | 1983          | 332                | 250         | 24,70                            | Частично балконы, сохранение философии                             |
| 42 | 302            | «Лебединое Озеро»               | 1986          | 332                | 250         | 24,70                            | То же  |
| 43 | 302            | «Лунная соната»                 | 1988          | 332                | 290         | 12,65                            | » »  |
| 44 | 302            | «Викинг Ингвар»                 | 1990          | 332                | 250         | 24,70                            | Балконы, существенная модернизация                                 |
| 45 | 302            | «Викинг Хельги»                 | 1984          | 332                | 250         | 24,70                            | То же  |
| 46 | 302            | «Викинг Акун»                   | 1988          | 332                | 250         | 24,70                            | » »  |
| 47 | 302            | «Викинг Трувор»                 | 1987          | 332                | 250         | 24,70                            | » »  |
| 48 | 302М           | «А.С. Пушкин»                   | 1990          | 350                | 344         | 1,71                             | Сохранение философии   |
| 49 | Q-040          | «Александр Пушкин»              | 1974          | 216                | 186         | 13,89                            | То же  |
| 50 | Q-040          | «Максим Горький»                | 1974          | 216                | 186         | 13,89                            | Сохранение философии, в 2019 не работает, с 2020 перевод на Енисей |
| 51 | Q-040          | «Василий Суриков»               | 1975          | 216                | 190         | 12,04                            | Сохранение философии   |
| 52 | Q-040          | «Илья Репин»                    | 1975          | 216                | 186         | 13,89                            | Частично балконы, сохранение философии                             |
| 53 | Q-056          | «Антон Чехов»                   | 1978          | 250                | 182         | 27,20                            | Сохранение философии   |
| 54 | Q-056          | «Лев Толстой»                   | 1979          | 250                | 178         | 28,80                            | Сохранение философии, в 2019 не работает                           |
| 55 | Q-065          | «Сергей Есенин»                 | 1984          | 180                | 136         | 24,44                            | Частично балконы, существенная модернизация                        |
| 56 | Q-065          | «Демьян Бедный»                 | 1986          | 180                | 210         | -16,67                           | Сохранение философии, Лена   |
| 57 | Q-065          | «Михаил Светлов»                | 1985          | 180                | 210         | -16,67                           | То же  |
| 58 | 463            | «Принцесса Анабелла»            | 1973          | 124                | 98          | 20,97                            | Сохранение философии   |
| 59 | PV08           | «Александр Грин»                | 2012          | 180                | 112         | 37,78                            | Балконы, конверсия, существенная модернизация                      |
| 60 | 588 / РЕК.002  | «Русь Великая»                  | 2013          | 339                | 196         | 42,18                            | Конверсия, сохранение философии                                    |
| 61 | 26-37          | «Афанасий Никитин»              | 1959          | 312                | 255         | 18,27                            | Сохранение философии   |
| 62 | 26-37          | «Иван Кулибин»                  | 1960          | 312                | 259         | 16,99                            | То же  |
| 63 | 26-37          | «Октябрьская Революция»         | 1957          | 312                | 255         | 18,27                            | » »  |
| 64 | 26-37          | «Родная Русь»                   | 1961          | 312                | 235         | 24,68                            | » »  |
| 65 | 26-37          | «Н.А. Некрасов»                 | 1961          | 312                | 146         | 53,21                            | Существенная модернизация  |
| 66 | 26-37          | «Александр Бенуа»               | 1960          | 312                | 144         | 53,85                            | То же  |
| 67 | 26-37          | «Валерий Чкалов»                | 1961          | 312                | 196         | 37,18                            | Сохранение философии   |
| 68 | 26-37          | «Волга Дрим»                    | 1959          | 312                | 109         | 65,06                            | Существенная модернизация  |
| 69 | 26-37 / 92-055 | «Капитан Пушкирев»              | 1960          | 312                | 210         | 32,69                            | Сохранение философии   |
| 70 | 26-37          | «Михаил Танич»                  | 1962          | 312                | 226         | 27,56                            | То же  |
| 71 | 26-37          | «Президент»                     | 1961          | 312                | 146         | 53,21                            | Существенная модернизация  |
| 72 | 305            | «Алдан»                         | 1960          | 311                | 148         | 52,41                            | Сохранение философии   |
| 73 | 305            | «Александр Свешников»           | 1961          | 311                | 149         | 52,09                            | То же  |
| 74 | 305            | «Александр Свирский»            | 1963          | 311                | 184         | 40,84                            | » »  |
| 75 | 305            | «Сергей Образцов»               | 1961          | 311                | 159         | 48,87                            | Существенная модернизация  |
| 76 | 305            | «Павел Миронов»                 | 1962          | 311                | 215         | 30,87                            | Сохранение философии, в 2019 не работает                           |
| 77 | 305            | «Борис Полевой»                 | 1961          | 311                | 140         | 54,98                            | Сохранение философии   |
| 78 | 305            | «Бородино»                      | 1961          | 311                | 161         | 48,23                            | То же  |
| 79 | 305            | «Василий Чапаев»                | 1964          | 311                | 166         | 46,62                            | Существенная модернизация  |
| 80 | 305            | «Ремикс»                        | 1964          | 311                | 53          | 82,96                            | Существенная модернизация, Обь-Иртыш                               |
| 81 | 305            | «Григорий Пирогов»              | 1961          | 311                | 179         | 42,44                            | Сохранение философии   |
| 82 | 305            | «Башкортостан»                  | 1962          | 311                | 132         | 57,56                            | То же  |
| 83 | 588            | «И.А. Крылов»                   | 1956          | 364                | 210         | 42,31                            | Существенная модернизация  |
| 84 | 588            | «А. Матросов»                   | 1954          | 364                | 250         | 31,32                            | Сохранение философии, Енисей                                       |
| 85 | 588            | «В. Чкалов»                     | 1954          | 364                | 250         | 31,32                            | То же  |
| 86 | 588            | «Алексей Толстой»               | 1954          | 364                | 176         | 51,65                            | Существенная модернизация  |
| 87 | 588            | «Солнечный город»               | 1956          | 364                | 200         | 45,05                            | То же  |
| 88 | 588            | «Цезарь»                        | 1955          | 364                | 150         | 58,79                            | » »  |
| 89 | 588            | «Очарованный Странник»          | 1956          | 364                | 220         | 39,56                            | Сохранение философии   |
| 90 | 588            | «Дмитрий Пожарский»             | 1957          | 339                | 245         | 27,73                            | То же  |
| 91 | 588            | «А.С. Попов»                    | 1961          | 339                | 167         | 50,74                            | Балконы, существенная модернизация                                 |
| 92 | 588            | «А.И. Герцен»                   | 1959          | 339                | 251         | 25,96                            | Сохранение философии   |



## Данные по пассажироместимости речных круизных пассажирских судов, имеющих действующий класс РРР на 2019 г.

## Продолжение

| №   | Проект | Название судна              | Год постройки | Пассажироместимость |             | Уменьшение пассажироместимости, % | Тип модернизации                                    |
|-----|--------|-----------------------------|---------------|---------------------|-------------|-----------------------------------|---|
|     |        |                             |               | проектная           | фактическая |                                   |   |
| 93  | 588    | «Космонавт Гагарин»         | 1958          | 339                 | 187         | 44,84                             | Сохранение философии                                |
| 94  | 588    | «Александр Фадеев»          | 1961          | 339                 | 238         | 29,79                             | То же   |
| 95  | 588    | «Ф.И. Панферов»             | 1961          | 339                 | 150         | 55,75                             | Частично балконы, существенная модернизация         |
| 96  | 588    | «Хирург Разумовский»        | 1961          | 339                 | 160         | 52,80                             | То же   |
| 97  | 588    | «Александр Невский»         | 1957          | 339                 | 196         | 42,18                             | Существенная модернизация                           |
| 98  | 588    | «Две столицы»               | 1961          | 339                 | 212         | 37,46                             | То же   |
| 99  | 588    | «Илья Муромец»              | 1958          | 339                 | 152         | 55,16                             | » »   |
| 100 | 588    | «К.А. Тимирязев»            | 1959          | 339                 | 240         | 29,20                             | Сохранение философии                                |
| 101 | 588    | «Козьма Минин»              | 1960          | 339                 | 265         | 21,83                             | То же   |
| 102 | 588    | «Михаил Кутузов»            | 1957          | 339                 | 234         | 30,97                             | » »   |
| 103 | 588    | «Н.В. Гоголь»               | 1959          | 339                 | 220         | 35,10                             | Частично балконы, существенная модернизация         |
| 104 | 588    | «Павел Бажов»               | 1960          | 339                 | 232         | 31,56                             | Сохранение философии                                |
| 105 | 588    | «Урал»                      | 1958          | 339                 | 296         | 12,68                             | То же   |
| 106 | 588    | «Северная сказка»           | 1957          | 339                 | 153         | 54,87                             | Существенная модернизация                           |
| 107 | 646    | «Господин Великий Новгород» | 1954          | 197                 | 120         | 39,09                             | Сохранение философии                                |
| 108 | 646    | «Механик Калашников»        | 1955          | 197                 | 145         | 26,40                             | Сохранение философии, Обь-Иртыш                     |
| 109 | 646    | «Родина»                    | 1955          | 197                 | 276         | -40,10                            | Сохранение философии, линейные перевозки, Обь-Иртыш |
| 110 | 646    | «Механик Кулибин»           | 1955          | 197                 | 169         | 14,21                             | Сохранение философии, Лена                          |
| 111 | 646    | «Близняк»                   | 1954          | 197                 | 56          | 71,57                             | Существенная модернизация, Енисей                   |
| 112 | PV09   | «Штандарт»                  | 2017          |                     | 36          |                                   | Новострой   |
| 113 | ПКС-40 | «Сура»                      | 2011          |                     | 200         |                                   | То же   |
| *   | ПКС-40 | «Колёсов»                   | 2014          |                     | 200         |                                   | Новострой, используется как прогулочное             |
| *   | ПКС-40 | «Доброходь»                 | 2015          |                     | 200         |                                   | То же   |
| *   | 1877   | «Россия»                    | 1973          |                     | 45          |                                   | Используется как служебно-рабездное                 |
| *   | 1168   | «Белая Русь»                | 2016          |                     | 30          |                                   | Конверсия из проекта 354У, Беларусь                 |
| *   | 301    | «Принцесса Днепра»          | 1976          | 360                 | 240         | 33,33                             | Существенная модернизация, Украина                  |
| *   | 301    | «Викинг Синеус»             | 1979          | 360                 | 196         | 45,56                             | Балконы, существенная модернизация, Украина         |

В табл. 1 приведены также два круизных судна пр. 301 «Викинг Синеус» и «Принцесса Днепра», работающих на Днепре, круизное судно пр. 1168 «Белая Русь», выполняющее круизы в Беларуси, а также два судна пр. ПКС-40 и судно пр. 1877 «Россия», которые не совершают круизы.

Было выявлено, что все суда в той или иной степени были переоборудованы или модернизированы (табл. 2). При этом под понятием «сохранение философии» автор понимал такой тип модернизации, при которой сохранялся уровень комфортабельности. В свою очередь, «существенная модернизация» соответственно была направлена на повышение уровня комфортабельности судна.

Существенно модернизировано с повышением уровня комфортабельности 43 круизных пассажирских судна (38,7% от всех работающих в навигацию 2019 г.).

При этом на 12 круизных пассажирских судах (10,8% от всех работающих) были установлены балконы на всех палубах, на 9 судах – балконы установлены частично (для определенной категории номеров, чаще всего, для кают класса «люкс»).

Таблица 2  
Данные по модернизациям активных речных круизных пассажирских судов на навигацию 2019 г.

| Проект                     | Сохранение философии |                  | Существенная модернизация |                  |           | Модернизация в 2008–2013 | Модернизация в 2014–2019 |
|----------------------------|----------------------|------------------|---------------------------|------------------|-----------|--------------------------|--------------------------|
|                            | Без балконов         | Частично балконы | Без балконов              | Частично балконы | Балконы   |                          |                          |
| 301                        | 7                    | 1                | 7                         | 0                | 3         | 3                        | 8                        |
| 92-016                     | 6                    | 0                | 0                         | 0                | 1         | 1                        | 0                        |
| 302                        | 10                   | 3                | 4                         | 0                | 6         | 6                        | 8                        |
| Q-040                      | 3                    | 1                | 0                         | 0                | 0         | 0                        | 2                        |
| Q-056                      | 2                    | 0                | 0                         | 0                | 0         | 0                        | 1                        |
| Q-065                      | 2                    | 0                | 0                         | 1                | 0         | 0                        | 1                        |
| 4 6 3                      | 1                    | 0                | 0                         | 0                | 0         | 0                        | 0                        |
| 588/РЕГК (конверсия)       | 1                    | 0                | 0                         | 0                | 0         | 1                        | 0                        |
| PV08 (конверсия)           | 0                    | 0                | 0                         | 0                | 1         | 1                        | 0                        |
| 26-37                      | 7                    | 0                | 4                         | 0                | 0         | 3                        | 1                        |
| 3 0 5                      | 8                    | 0                | 3                         | 0                | 0         | 1                        | 3                        |
| 588                        | 12                   | 0                | 8                         | 3                | 1         | 3                        | 7                        |
| 6 4 6                      | 4                    | 0                | 1                         | 0                | 0         | 0                        | 1                        |
| PV09                       | -                    | -                | -                         | -                | -         | -                        | -                        |
| ПКС-4 0                    | -                    | -                | -                         | -                | -         | -                        | -                        |
| 301 (Днепр)                | 0                    | 0                | 1                         | 0                | 1         | 0                        | 2                        |
| <b>Суммарно</b>            | <b>63</b>            | <b>5</b>         | <b>28</b>                 | <b>4</b>         | <b>13</b> | <b>19</b>                | <b>34</b>                |
| <b>Суммарно без Днепра</b> | <b>63</b>            | <b>5</b>         | <b>27</b>                 | <b>4</b>         | <b>12</b> | <b>19</b>                | <b>32</b>                |
|                            |                      | <b>68</b>        |                           | <b>43</b>        |           |                          |                          |

Работы по модернизации и переоборудованию продолжаются. За крайние пять лет было модернизировано 34 судна (32 в России плюс два днепровских судна пр. 301). Например, на рынок вышла швейцарская компания Thurgau Travel [10], для которой в межнавигационный период 2018-2019 гг. были модернизированы сразу два РКПС, в том числе теплоход «А.С. Попов» («Thurgau Karelia») – первое судно пр. 588 с балконами не только для кают класса «люкс».

На обновленном судне 71 каюта площадью 14–16 м<sup>2</sup> и 10 кают площадью 11–14 м<sup>2</sup>, при этом количество пассажиров сократилось до 162 с 339 человек (на 52,2%).

По внутренней классификации оператора судно категории 3+\* (рис. 1).

Второй – теплоход «Ремикс» («Remix») – судно пр. 305 для работы на линии Салехард–Новосибирск (река Обь). На обновленном судне каюты площадью от 10 до 60 м<sup>2</sup>, количество пассажиров сократилось до 53 с 311 человек (на 83%). По внутренней классификации оператора судно категории 3\* (рис. 2).

Помимо компании Thurgau Travel в межнавигационный период 2018–2019 гг. активно работали над повышением комфортабельности компании «ВодоходЪ» (т/х «Нижний Новгород» и т/х «Санкт-Петербург» – рис. 3), «Мостурфлот» (т/х «Сергей Есенин», т/х «А.С. Пушкин», т/х «Россия» – рис. 4), «Инфлот» (т/х «Василий Чапаев», т/х «Северная сказка»), «Донинтурфлот» (т/х «Игорь Стравинский») и «Белый лебедь» (т/х «Бородино», т/х «К.А. Тимирязев»).

Автором была выполнена также средняя оценка влияния модернизации на пассажировместимость речных круизных пассажирских судов. Для этого все активные РКПС были сгруппированы в две группы.

*Первая* (суда пр. 26–37, 588, 305, 646) – это грузопассажирские и пассажирские суда для дальних линий, построен-



Рис. 1. Общий вид т/х «А.С. Попов» после модернизации 2018–2019 г. Автор фотографии Александр Конов [11]



Рис. 2. Общий вид т/х «Ремикс» после модернизации 2018–2019 г. Автор фотографии Алексей Потелецкино [11]

ные с начала 50-х до середины 60-х гг. прошлого столетия.

*Вторая группа* судов (пр. 301, 302, Q-040, Q-056, Q-065, 92-016) – это суда, которые строились в 70-90-е гг., причем многие уже с учетом круизной функции [9].

При существенной модернизации РКПС из первой группы пассажировместимость в среднем уменьшается на 52,3%, при сохранении философии – на 32%.

При существенной модернизации РКПС из второй группы – на 37%, при сохранении философии – на 16,1%.

В табл. 3 рассчитана общая пассажировместимость работающих в 2019 г. речных круизных пассажирских судов, определен средний возраст работающих судов, а также, используя данные исследований авторов [9], даны прогнозы по пассажировместимости на среднесрочную перспективу до 2030 года (рис. 5).

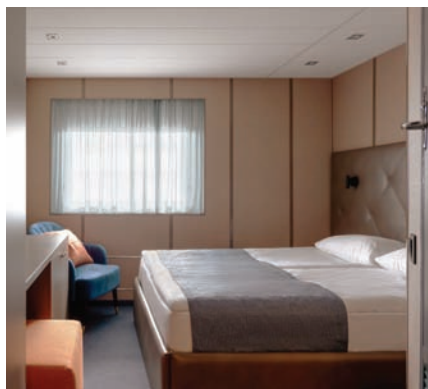


Рис. 3. Каюта класса «Делюкс» на обновленном т/х «Санкт-Петербург» [5]



Рис. 4. Общий вид т/х «Россия» после модернизации 2018–2019 г. Автор фотографии Владимир Владиславлев [11]



## Общая пассажировместимость речных круизных пассажирских судов и прогноз до 2030 г.

| Проект                     | Фактические данные на навигацию 2019 г. |                                      |                                      |  |                                    | Прогноз на 2025 г. |                                    | Прогноз на 2030 г. |                                    |
|----------------------------|---|--------------------------------------|--------------------------------------|--|------------------------------------|--------------------|------------------------------------|--------------------|------------------------------------|
|                            | Количество судов в эксплуатации         | Средний возраст судов в эксплуатации | Проектная пассажировместимость, чел. | Фактическая пассажировместимость, чел. | Уменьшение пассажировместимости, % | Количество судов   | Прогноз пассажировместимости, чел. | Количество судов   | Прогноз пассажировместимости, чел. |
| 301                        | 18                                      | 40,11                                | 6480                                 | 4505                                   | 30,48                              | 16                 | 4004                               | 10                 | 2503                               |
| 92-016                     | 7                                       | 38,57                                | 2800                                 | 2103                                   | 24,89                              | 5                  | 1502                               | 2                  | 601                                |
| 302                        | 23                                      | 32,26                                | 7672                                 | 6001                                   | 21,78                              | 22                 | 5740                               | 18                 | 4696                               |
| Q-040                      | 4                                       | 44,50                                | 864                                  | 748                                    | 13,43                              | 2                  | 374                                | 1                  | 187                                |
| Q-056                      | 2                                       | 40,50                                | 500                                  | 360                                    | 28,00                              | 2                  | 360                                | 2                  | 360                                |
| Q-065                      | 3                                       | 34,00                                | 540                                  | 556                                    | -2,96                              | 3                  | 556                                | 3                  | 556                                |
| 463                        | 1                                       | 46,00                                | 124                                  | 98                                     | 20,97                              | 0                  | 0                                  | 0                  | 0                                  |
| 588/РЕГК.002               | 1                                       | 6,00                                 | 339                                  | 196                                    | 42,18                              | 1                  | 196                                | 1                  | 196                                |
| PV08                       | 1                                       | 7,00                                 | 180                                  | 112                                    | 37,78                              | 1                  | 112                                | 1                  | 112                                |
| 26-37                      | 11                                      | 58,91                                | 3432                                 | 2181                                   | 36,45                              | 6                  | 1190                               | 1                  | 198                                |
| 305                        | 11                                      | 57,18                                | 3421                                 | 1686                                   | 50,72                              | 2                  | 307                                | 0                  | 0                                  |
| 588                        | 24                                      | 61,13                                | 8311                                 | 5054                                   | 39,19                              | 12                 | 2527                               | 3                  | 632                                |
| 646                        | 5                                       | 64,40                                | 985                                  | 766                                    | 22,23                              | 2                  | 306                                | 0                  | 0                                  |
| PV09                       | 1                                       | 2,00                                 | 36                                   | 36                                     |                                    | 1                  | 36                                 | 1                  | 36                                 |
| ПКС-40                     | 1                                       | 8,00                                 | 200                                  | 200                                    |                                    | 1                  | 200                                | 1                  | 200                                |
| 301 (Днепр)                | 2                                       | 41,50                                | 720                                  | 436                                    | 39,44                              | 2                  | 436                                | 2                  | 436                                |
| PV300                      |   |                                      |                                      |  |                                    | 2                  | 684                                | 2                  | 684                                |
| PV300VD                    |   |                                      |                                      |  |                                    | 1                  | 310                                | 1                  | 310                                |
| ПКС-180                    |   |                                      |                                      |  |                                    | 2                  | 360                                | 2                  | 360                                |
| <b>Суммарно без Днепра</b> | <b>113</b>                              | <b>46,28</b>                         | <b>35884</b>                         | <b>24602</b>                           | <b>31,44</b>                       | <b>81</b>          | <b>18764</b>                       | <b>49</b>          | <b>11631</b>                       |

Общая пассажировместимость на 2019 г. составляет 24 602 человека.

К 2030 г. прогнозируется уменьшение пассажировместимости на 52,72% до 11 631 человека, и это, не считая возможного уменьшения пассажировместимости за счет глубокой модернизации существующих круизных судов для повышения уровня комфортабельности в 2019–2030 гг.

При этом также не учитываются возможные новые РКПС, которые будут заказаны и построены (либо переоборудованы из других типов судов), начиная с 2020 г.

**Закключение.** Выполненное в работе исследование показало, что общая пассажировместимость РКПС снизится до 11 631 человека (на 52,72%) к 2030 г., и это, не считая возможного уменьшения пассажировместимости за счет будущих модернизационных работ.

Для сохранения речных круизов, и не только для иностранных туристов, рекомендуется на среднесрочную и долгосрочную перспективы строительство новых пассажирских судов, которые бы наиболее полно удовлетворяли запросам рынка. Это могут быть круизные пассажирские суда как для классических речных маршрутов в европейской части страны (PV300, PV500VB, PV09, ПКС-180 и т.п.), так и суда смешанного плавания для работы в прибрежных морях и на речных маршрутах, в том числе на Енисее, Лене, Оби и Амуре (PV300VD, PV11 и т.п.).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Егоров Г.В., Егоров А.Г., Калугин Я.В. Практическая реализация концептов совре-

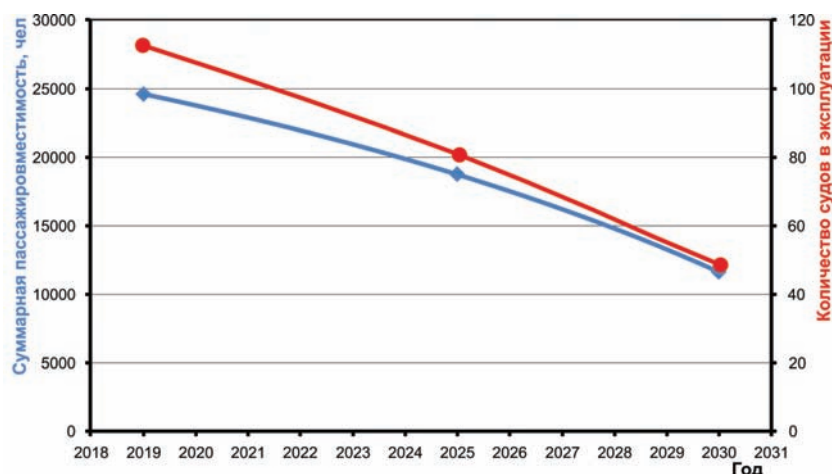


Рис. 5. Прогноз по общей пассажировместимости активных РКПС

- менных круизных судов смешанного плавания // Мат-лы X Международ. науч.-техн. конф. «Инновации в судостроении и океанотехнике» – Николаев: НУК, 2019, с. 106–109.
- Егоров А.Г. Принципы проектирования речных круизных судов с использованием судов-доноров // Морской вестник. – 2019. – №3 (71) – С. 9–15.
  - Егоров А.Г. Анализ отечественного опыта переоборудования круизных пассажирских судов // Морской вестник. – 2019. – №2 (70) – С. 9–14.
  - Егоров А.Г. Речные круизные пассажирские суда: инновационные решения и их применимость при конверсии // Вестник ОНМУ (Одесса). – 2018. – Вып.4 (57). – С. 23–52.
  - Сайт компании «ВодоходЪ» – [Электронный ресурс]. URL: <https://vodohod.com/cruises/life/health/> (дата обращения 07.10.2019).
  - Сайт компании «Мостурфлот» – [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mosturflot.ru/>

- Сайт компании «Мостурфлот» – [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mosturflot.ru/post?id=29188> (дата обращения 07.10.2019).
- Сайт компании «Мостурфлот» – [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mosturflot.ru/post?id=29348> (дата обращения 07.10.2019).
- Сайт компании «Инфофлот» – [Электронный ресурс]. URL: <https://www.infoflot.com/news/new7980/> (дата обращения 07.10.2019).
- Егоров Г.В., Егоров А.Г. Анализ закономерностей списания речных круизных судов и прогноз состава речного флота с определением наиболее востребованных типов судов для конверсии и модернизации // Морской вестник. – 2019. – №1 (69) – С. 21–27.
- Сайт компании «Thurgau Travel» – [Электронный ресурс]. URL: <https://www.thurgautravel.ch/> (дата обращения 07.10.2019).
- Сайт «Водный транспорт» – [Электронный ресурс]. URL: <https://fleetphoto.ru/> (дата обращения 07.10.2019). ■

В литературе [1–4] была поставлена и теоретически решена задача статистической оптимизации энергетических характеристик систем автоматического управления движением. Для ее решения применительно к конкретному судну на подводных крыльях (СПК) в соответствии с предложенной методикой оптимизации необходимо определить статистические характеристики параметров движения носовых крыльев, кормовых закрылков и руля направления, которые являются основой для конкретного расчета энергетических характеристик гидравлических приводов. Поэтому воспользуемся характеристиками ветроволновых возмущений, представленных в статье [4], для расчета статистических характеристик движения исполнительных органов управления СПК, которые являются основой для расчета энергетических характеристик гидравлических исполнительных приводов СПК [2–5]. В нашем конкретном случае для СПК будем рассматривать характеристики движения вертикального руля направления, носовых поворотных крыльев и кормовых закрылков.

### УРАВНЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ДВИЖЕНИЯ СПК

Линеаризованные дифференциальные уравнения пространственного движения СПК имеют следующий вид [6]:

$$\begin{aligned} A_1(p)H + A_2(p)V &= A_3(p)D_{\text{нк}} + A_4(p)D_{\text{кз}} + F(t); \\ B_1(p)H + B_2(p)V &= B_3(p)D_{\text{нк}} + B_4(p)D_{\text{кз}} + M(t); \\ C_1(p)B + C_2(p)\gamma + C_3(p)\varphi &= C_4(p)D_{\text{рн}} + C_5(p)D_{\text{нк}} + F_z(t); \\ D_1(p)B + D_2(p)\gamma + D_3(p)\varphi &= D_4(p)D_{\text{рн}} + D_5(p)D_{\text{нк}} + M_x(t); \\ E_1(p)B + E_2(p)\gamma + E_3(p)\varphi &= E_4(p)D_{\text{рн}} + E_5(p)D_{\text{нк}} + M_y(t). \end{aligned} \quad (1)$$

где  $A_1(p)$ ;  $B_1(p)$ ;  $C_1(p)$ ;  $D_1(p)$ ;  $E_1(p)$  – коэффициенты уравнений, которые для скорости хода корабля  $V = 20$  м/с имеют следующие значения:  $A_1(p) = 0,421p^2 + 2,61p - 1,3$ ;  $A_2(p) = -0,026p + 2,214$ ;  $A_3(p) = -1,36$ ;  $A_4(p) = 0,355$ ;  $B_1(p) = -0,109p + 0,55$ ;  $B_2(p) = 0,62p^2 + 0,62p + 0,079$ ;  $B_3(p) = -0,544$ ;  $B_4(p) = 0,21$ ;  $C_1(p) = p + 1,512$ ;  $C_2(p) = -0,288p - 0,282$ ;  $C_3(p) = 0,456$ ;  $C_4(p) = -0,386$ ;  $C_5(p) = 0$ ;  $D_1(p) = -13,8$ ;  $D_2(p) = p^2 + 9,88p + 1,8$ ;  $D_3(p) = 0$ ;  $D_4(p) = 0$ ;  $D_5(p) = -22,21$ ;  $E_1(p) = 3,04$ ;  $E_2(p) = 0$ ;  $E_3(p) = p + 3,04$ ;  $E_4(p) = -17,6$ ;  $p$  – символ дифференцирования;  $H$  – высота центра тяжести корабля над невозмущенной поверхностью воды;  $\psi$  – угол дифферента;  $B$  – угол дрейфа;  $\gamma$  – угол крена;  $\varphi$  – угол рыскания;  $D_{\text{нк}}$  – угол отклонения носового крыла;  $D_{\text{кз}}$  – угол отклонения кормового закрылка;  $D_{\text{рн}}$  – угол отклонения руля направления;  $F(t)$ ,  $M(t)$ ,  $F_z(t)$ ,  $M_x(t)$ ,  $M_y(t)$  – внешние возмущающие силы, моменты, которые являются функциями ординат морского волнения:  $F(t) = F_0\eta(t)$ ;  $M(t) = M_0\eta(t)$ ;  $F_z(t) = F_{z0}\eta(t)$ ;  $M_x(t) = M_{x0}\eta(t)$ ;  $M_y(t) = M_{y0}\eta(t)$ ;  $F_0$ ;  $M_0$ ;  $F_{z0}$ ;  $M_{x0}$ ;  $M_{y0}$  – коэффициенты сил и моментов, которые определяются по формулам:

$$F_0 = 0,0825\sin\omega_k 90^\circ + 0,049\sin(\omega_k 90^\circ + 144^\circ \cos\varphi) + 2,76;$$

$$M_0 = 0,033\sin\omega_k 90^\circ + 0,029\sin(\omega_k 90^\circ + 144^\circ \cos\varphi) + 1,1;$$

$$F_{z0} = 0,151\omega\sin\chi \left[ \sin(\omega_k 90^\circ + 90^\circ - 12,2^\circ \sin\chi) + \right.$$

$$\left. + \sin(\omega_k 90^\circ + 90^\circ + 12,2^\circ \sin\varphi) \right] + 0,151\omega\sin\chi \times$$

$$\times \left[ \sin(\omega_k 90^\circ + 90^\circ - 21,4^\circ \sin\chi) + \sin(\omega_k 90^\circ + 90^\circ + 21,4^\circ \sin\chi) \right] +$$

$$+ 0,00408\omega\sin\chi \sin(\omega_k 90^\circ + 90^\circ);$$

$$M_{y0} = \omega\sin\chi \times \quad (2)$$

$$\times \left\{ \begin{aligned} &0,592[\sin(\omega_k 90^\circ + 90^\circ - 21,4^\circ \sin\chi) + \sin(\omega_k 90^\circ + 90^\circ + 21,4^\circ \sin\chi)] + \\ &+ 0,395[\sin(\omega_k 90^\circ + 90^\circ - 12,2^\circ \sin\chi) + \sin(\omega_k 90^\circ + 90^\circ + 12,2^\circ \sin\chi)] + \\ &+ 0,104(\omega_k 90^\circ + 90^\circ) \end{aligned} \right\}$$

$$M_{x0} = \omega\sin\chi \times$$

$$\times \left\{ \begin{aligned} &1,5[\sin(\omega_k 90^\circ + 90^\circ - 12,2^\circ \sin\varphi) + \sin(\omega_k 90^\circ + 90^\circ + 12,2^\circ \sin\chi)] + \\ &+ 1,16[\sin(\omega_k 90^\circ + 90^\circ - 21,4^\circ \sin\chi) + \sin(\omega_k 90^\circ + 90^\circ + 21,4^\circ \sin\chi)] + \\ &+ 1,33\cos(\omega_k 90^\circ) + 1,01\cos\omega_k 90^\circ + 0,9\cos(\omega_k 90^\circ + 144^\circ \cos\chi) \end{aligned} \right\}$$

## ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОРГАНОВ СУДА НА ПОДВОДНЫХ КРЫЛЬЯХ

**М. А. Александров**, канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник, директор ЗАО «ЦНИИ СМ»,

**Д. А. Скороходов**, д-р техн. наук, проф., ученый секретарь, гл. науч. сотрудник ИПТ им. Н. С. Соломенко РАН, контакт. тел. (812) 640 1051, 323 2954

Спектральные плотности внешних возмущений

$$S_{F(M)}(\omega) = \left( |F(\omega)|^2 S_n[\omega(\omega_k)] \left| \frac{d\omega_k}{d\omega} \right|^{-1} \right). \quad (3)$$

Для движения СПК с курсовым углом к направлению бега волн  $C = 90^\circ$  были рассчитаны спектральные плотности сил и моментов. Кроме того определены квадраты модулей передаточных функций СПК, рассчитанные в соответствии с линеаризованными уравнениями движения. Они имеют следующий вид:

$$|W_{\text{н}}^{\delta_{\text{нк}}}(j\omega)|^2 = \frac{0,71\omega^4 + 0,235\omega^2 + 1,203}{0,068\omega^8 + 3,104\omega^6 + 1,285\omega^4 + 0,119\omega^2 + 1,69};$$

$$|W_{\text{н}}^{\delta_{\text{кз}}}(j\omega)|^2 = \frac{0,484\omega^4 + 0,14\omega^2 + 0,19}{\lambda_{\text{н}}^2};$$

$$|W_{\text{н}}^{\text{к}}(j\omega)|^2 = \frac{0,384\omega^4 + 0,286\omega^2 + 0,0062}{\lambda_{\text{н}}^2};$$

$$|W_{\text{н}}^{\text{м}}(j\omega)|^2 = \frac{0,00067\omega^2 + 4,901}{\lambda_{\text{н}}^2};$$

$$|W_{\psi}^{\delta_{\text{нк}}}(j\omega)|^2 = \frac{0,0524\omega^4 + 3,791\omega^2 + 2,13}{\lambda_{\psi}^2};$$

$$|W_{\psi}^{\delta_{\text{кз}}}(j\omega)|^2 = \frac{0,0078\omega^4 + 0,386\omega^2 + 0,22}{\lambda_{\psi}^2};$$

$$|W_{\psi}^{\text{ф}}(j\omega)|^2 = \frac{0,0118\omega^2 + 0,302}{\lambda_{\psi}^2};$$

$$|W_{\psi}^{\text{м}}(j\omega)|^2 = \frac{0,177\omega^4 + 7,906\omega^2 + 1,69}{\lambda_{\psi}^2},$$

где  $W_{\text{н}}^{\delta_{\text{нк}}}(j\omega)$ ;  $W_{\text{н}}^{\delta_{\text{кз}}}(j\omega)$ ;  $W_{\text{н}}^{\text{к}}(j\omega)$ ;  $W_{\text{н}}^{\text{м}}(j\omega)$  – передаточные функции высоты центра тяжести СПК по углу отклонения носового крыла, кормового закрылка, по возмущающей силе  $F$  и моменту  $M$ ;  $W_{\psi}^{\delta_{\text{нк}}}(j\omega)$ ;  $W_{\psi}^{\delta_{\text{кз}}}(j\omega)$ ;  $W_{\psi}^{\text{ф}}(j\omega)$ ;  $W_{\psi}^{\text{м}}(j\omega)$  – передаточные функции угла дифферента по углу отклонения носового крыла, кормового закрылка, по возмущающей силе  $F$  и моменту  $M$ ;  $\omega$  – круговая частота;

$$|W_{\beta}^{\delta_{\text{нк}}}(j\omega)|^2 = \frac{40,8\omega^4 + 413\omega^2 + 380}{\omega^8 + 89\omega^6 + 2491\omega^4 + 246\omega^2 + 314};$$

$$|W_{\beta}^{\delta_{\text{рн}}}(j\omega)|^2 = \frac{0,15\omega^6 + 62,3\omega^4 + 4552\omega^2 + 152}{\lambda_{\beta}^2},$$

где через  $\lambda_{\beta}^2$  обозначен знаменатель квадрата модуля передаточной функции.

$$|W_{\beta}^{\text{ф}}(j\omega)|^2 = \frac{\omega^6 + 92,4\omega^4 + 21\omega^2 + 3020}{\lambda_{\beta}^2};$$

$$|W_{\beta}^{\text{м}_x}(j\omega)|^2 = \frac{0,0827\omega^4 + 0,886\omega^2 + 0,736}{\lambda_{\beta}^2};$$

$$|W_{\beta}^{\text{м}_y}(j\omega)|^2 = \frac{0,209\omega^4 + 20,6\omega^2 + 0,835}{\lambda_{\beta}^2};$$

$$|W_{\gamma}^{\delta_{\text{рн}}}(j\omega)|^2 = \frac{28,4\omega^2 + 9050}{\lambda_{\beta}^2};$$

$$|W_{\gamma}^{\delta_{\text{нк}}}(j\omega)|^2 = \frac{495\omega^4 + 9140\omega^2 + 5100}{\lambda_{\beta}^2};$$

$$|W_{\gamma}^{\text{м}_x}(j\omega)|^2 = \frac{\omega^4 + 6,22\omega^2 + 10,2}{\lambda_{\beta}^2};$$



$$\begin{aligned} |W_{\gamma}^{F_z}(j\omega)|^2 &= \frac{191\omega^2 + 1760}{\lambda_B^2}; \\ |W_{\gamma}^{M_x}(j\omega)|^2 &= \frac{39,8}{\lambda_B^2}; \\ |W_{\phi}^{\delta_{\text{пн}}}(j\omega)|^2 &= \frac{310\omega^6 + 76650\omega^4 + 39600\omega^2 + 13000}{\lambda_B^2}; \\ |W_{\phi}^{\delta_{\text{нк}}}(j\omega)|^2 &= \frac{0,768\omega^6 + 72,9\omega^4 + 78,8\omega^2 + 2,38}{\lambda_B^2}; \\ |W_{\phi}^{F_z}(j\omega)|^2 &= \frac{9,26\omega^4 + 862,7\omega^2 + 30}{\lambda_B^2}; \\ |W_{\phi}^{M_x}(j\omega)|^2 &= \frac{0,77\omega^2 + 0,738}{\lambda_B^2}; \\ |W_{\phi}^{M_y}(j\omega)|^2 &= \frac{\omega^6 + 88,6\omega^4 + 279,4\omega^2 + 44}{\lambda_B^2}, \end{aligned}$$

где

$$\begin{aligned} &|W_{\beta}^{\delta_{\text{пн}}}(j\omega)|; |W_{\beta}^{\delta_{\text{нк}}}(j\omega)|; |W_{\beta}^{F_z}(j\omega)|; |W_{\beta}^{M_x}(j\omega)|; |W_{\beta}^{M_y}(j\omega)|; \\ &|W_{\gamma}^{\delta_{\text{пн}}}(j\omega)|; |W_{\gamma}^{\delta_{\text{нк}}}(j\omega)|; |W_{\gamma}^{F_z}(j\omega)|; |W_{\gamma}^{M_x}(j\omega)|; |W_{\gamma}^{M_y}(j\omega)|; \\ &|W_{\phi}^{\delta_{\text{пн}}}(j\omega)|; |W_{\phi}^{\delta_{\text{нк}}}(j\omega)|; |W_{\phi}^{F_z}(j\omega)|; |W_{\phi}^{M_x}(j\omega)|; |W_{\phi}^{M_y}(j\omega)|. \end{aligned}$$

передаточные функции соответственно угла скольжения, крена, курса по углу отклонения руля направления, носового крыла, по боковой силе  $F_z$ , по моменту  $M_x$  и  $M_y$ .

### МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ СУДНА НА ПОДВОДНЫХ КРЫЛЬЯХ

Анализируя дифференциальные уравнения движения СПК можно отметить, в стабилизации каких параметров движения участвует тот или иной исполнительный орган управления:

- носовое крыло  $D_{\text{нк}}$ : высота центра тяжести  $H$ , дифферент  $V$ , крен  $\gamma$ , дрейф  $B$  и курс  $\phi$ , т.е. отклонение носового крыла влияет на изменение всех параметров движения корабля;
- кормовой закрылок  $D_{\text{кз}}$ : высота центра тяжести  $H$ , дифферент  $\psi$ ; т.е. отклонение кормового закрылка влияет только на продольное движение корабля, это объясняется соответствующей компоновкой крыльевого комплекса;
- руль направления  $D_{\text{рн}}$ : крен  $\gamma$ , дрейф  $B$  и курс  $\phi$ .

Для каждого из рассмотренных исполнительных органов управления присущ какой-то один параметр стабилизации, управление по которому наиболее эффективно. Так, для носового крыла  $D_{\text{нк}}$  этим параметром является крен  $\gamma$ , для кормового закрылка – дифферент  $\psi$ , для руля направления – курс  $\phi$ , что подтверждается и соответствующими численными значениями передаточных функций.

В соответствии с представленными в [1] спектральными характеристиками внешних возмущений, частотными характеристиками СПК были определены спектральные плотности параметров движения СПК по курсу, крену, дифференту и высоте центра тяжести. На основании этих данных были определены спектральные плотности углов отклонения, скорости и ускорения исполнительных органов СПК – носовых крыльев, кормовых закрылков и руля направления:

$$\begin{aligned} S_{\delta_{\text{нк}}}(\omega) &= \frac{|W_H^F(j\omega)|^2}{|W_H^{\delta_{\text{нк}}}(j\omega)|^2} S_F(\omega) + \frac{|W_H^M(j\omega)|^2}{|W_H^{\delta_{\text{нк}}}(j\omega)|^2} S_M(\omega) + \\ &\frac{|W_V^F(j\omega)|^2}{|W_V^{\delta_{\text{нк}}}(j\omega)|^2} S_F(\omega) + \frac{|W_V^M(j\omega)|^2}{|W_V^{\delta_{\text{нк}}}(j\omega)|^2} S_M(\omega) + \frac{|W_{\beta}^{F_z}(j\omega)|^2}{|W_{\beta}^{\delta_{\text{нк}}}(j\omega)|^2} S_{F_z}(\omega) + \\ &+ \frac{|W_{\beta}^{M_x}(j\omega)|^2}{|W_{\beta}^{\delta_{\text{нк}}}(j\omega)|^2} S_{M_x}(\omega) + \frac{|W_{\beta}^{M_y}(j\omega)|^2}{|W_{\beta}^{\delta_{\text{нк}}}(j\omega)|^2} S_{M_y}(\omega) + \frac{|W_{\gamma}^{F_z}(j\omega)|^2}{|W_{\gamma}^{\delta_{\text{нк}}}(j\omega)|^2} S_{F_z}(\omega) + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &+ \frac{|W_{\gamma}^{M_x}(j\omega)|^2}{|W_{\gamma}^{\delta_{\text{нк}}}(j\omega)|^2} S_{M_x}(\omega) + \frac{|W_{\gamma}^{M_y}(j\omega)|^2}{|W_{\gamma}^{\delta_{\text{нк}}}(j\omega)|^2} S_{M_y}(\omega) + \\ &+ W \frac{|W_{\phi}^{F_z}(j\omega)|^2}{|W_{\phi}^{\delta_{\text{нк}}}(j\omega)|^2} S_{F_z}(\omega) + \frac{|W_{\phi}^{M_x}(j\omega)|^2}{|W_{\phi}^{\delta_{\text{нк}}}(j\omega)|^2} S_{M_x}(\omega) + \frac{|W_{\phi}^{M_y}(j\omega)|^2}{|W_{\phi}^{\delta_{\text{нк}}}(j\omega)|^2} S_{M_y}(\omega); \\ S_{\delta_{\text{кз}}}(\omega) &= \frac{|W_H^F(j\omega)|^2}{|W_H^{\delta_{\text{кз}}}(j\omega)|^2} S_F(\omega) + \frac{|W_H^M(j\omega)|^2}{|W_H^{\delta_{\text{кз}}}(j\omega)|^2} S_M(\omega) + \\ &+ \frac{|W_V^F(j\omega)|^2}{|W_V^{\delta_{\text{кз}}}(j\omega)|^2} S_F(\omega) + \frac{|W_V^M(j\omega)|^2}{|W_V^{\delta_{\text{кз}}}(j\omega)|^2} S_M(\omega); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\delta_{\text{рн}}}(\omega) &= \frac{|W_{\phi}^{F_z}(j\omega)|^2}{|W_{\phi}^{\delta_{\text{рн}}}(j\omega)|^2} S_{F_z}(\omega) + \frac{|W_{\phi}^{M_x}(j\omega)|^2}{|W_{\phi}^{\delta_{\text{рн}}}(j\omega)|^2} S_{M_x}(\omega) + \frac{|W_{\phi}^{M_y}(j\omega)|^2}{|W_{\phi}^{\delta_{\text{рн}}}(j\omega)|^2} S_{M_y}(\omega) + \\ &+ \frac{|W_{\gamma}^{F_z}(j\omega)|^2}{|W_{\gamma}^{\delta_{\text{рн}}}(j\omega)|^2} S_{F_z}(\omega) + \frac{|W_{\gamma}^{M_x}(j\omega)|^2}{|W_{\gamma}^{\delta_{\text{рн}}}(j\omega)|^2} S_{M_x}(\omega) + \frac{|W_{\gamma}^{M_y}(j\omega)|^2}{|W_{\gamma}^{\delta_{\text{рн}}}(j\omega)|^2} S_{M_y}(\omega) + \\ &+ \frac{|W_{\beta}^{F_z}(j\omega)|^2}{|W_{\beta}^{\delta_{\text{рн}}}(j\omega)|^2} S_{F_z}(\omega) + \frac{|W_{\beta}^{M_x}(j\omega)|^2}{|W_{\beta}^{\delta_{\text{рн}}}(j\omega)|^2} S_{M_x}(\omega) + \frac{|W_{\beta}^{M_y}(j\omega)|^2}{|W_{\beta}^{\delta_{\text{рн}}}(j\omega)|^2} S_{M_y}(\omega). \end{aligned}$$

Спектральные плотности производных от параметров движения исполнительных органов управления определяются по известным формулам [1]:

$$\begin{aligned} S_{\dot{\delta}_{\text{нк}}}(\omega) &= \omega^2 S_{\delta_{\text{нк}}}(\omega); \quad S_{\ddot{\delta}_{\text{нк}}}(\omega) = \omega^4 S_{\delta_{\text{нк}}}(\omega); \\ S_{\dot{\delta}_{\text{кз}}}(\omega) &= \omega^2 S_{\delta_{\text{кз}}}(\omega); \quad S_{\ddot{\delta}_{\text{кз}}}(\omega) = \omega^4 S_{\delta_{\text{кз}}}(\omega); \\ S_{\dot{\delta}_{\text{рн}}}(\omega) &= \omega^2 S_{\delta_{\text{рн}}}(\omega); \quad S_{\ddot{\delta}_{\text{рн}}}(\omega) = \omega^4 S_{\delta_{\text{рн}}}(\omega). \end{aligned}$$

Расчеты спектральных плотностей были выполнены для пяти курсовых углов к направлению распространения волны  $\phi_{\omega} = 0^\circ; 45^\circ; 90^\circ; 135^\circ; 180^\circ$ . Из расчетных режимов наиболее тяжелым для исполнительных органов управления является курсовой угол  $\phi_{\omega} = 90^\circ$ .

По вычисленным спектральным плотностям углов отклонения, скорости отклонения и ускорения по известным формулам были определены их дисперсии и среднеквадратического отклонения углов отклонения носового крыла  $\bar{\delta}_{\text{нк}}$ , кормового закрылка  $\bar{\delta}_{\text{кз}}$ , руля направления  $\bar{\delta}_{\text{рн}}$ , скорости отклонения носового крыла  $\bar{\delta}_{\text{нк}}^{\dot{}}$ , кормового закрылка  $\bar{\delta}_{\text{кз}}^{\dot{}}$ , руля направления  $\bar{\delta}_{\text{рн}}^{\dot{}}$  и ускорения носового крыла  $\bar{\delta}_{\text{нк}}^{\ddot{}}$ , кормового закрылка  $\bar{\delta}_{\text{кз}}^{\ddot{}}$ , руля направления  $\bar{\delta}_{\text{рн}}^{\ddot{}}$ .

$$\begin{aligned} D_{[\delta_{\text{нк}}(t)]} &= 0,011 \text{ рад}^2; \quad \bar{\delta}_{\text{нк}}(t) = 0,105 \text{ рад}; \\ D_{[\dot{\delta}(t)]} &= 0,055 \text{ рад}^2/\text{с}^2; \quad \bar{\delta}_{\text{нк}}^{\dot{}}(t) = 0,234 \text{ рад/с}; \\ D_{[\ddot{\delta}(t)]} &= 0,388 \text{ рад}^2/\text{с}^2; \quad \bar{\delta}_{\text{нк}}^{\ddot{}}(t) = 0,622 \text{ рад/с}^2. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_{[\delta_{\text{кз}}(t)]} &= 0,021; \quad \bar{\delta}_{\text{кз}}(t) = 0,145; \\ D_{[\dot{\delta}_{\text{кз}}(t)]} &= 0,1041/\text{с}^2; \quad \bar{\delta}_{\text{кз}}^{\dot{}}(t) = 0,3231/\text{с}; \\ D_{[\ddot{\delta}_{\text{кз}}(t)]} &= 0,891/\text{с}^4; \quad \bar{\delta}_{\text{кз}}^{\ddot{}}(t) = 0,9451/\text{с}^2; \\ \bar{M}_{\text{нкз}} &= 1,3 \cdot 0,945 + 292 \cdot 0,323 + 3060 \cdot 0,145 = 540 \text{ кгм}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_{[\delta_{\text{рн}}(t)]} &= 0,126; \quad \bar{\delta}_{\text{рн}}(t) = 0,113; \\ D_{[\dot{\delta}_{\text{рн}}(t)]} &= 0,2221/\text{с}^2; \quad \bar{\delta}_{\text{рн}}^{\dot{}}(t) = 0,4721/\text{с}; \\ D_{[\ddot{\delta}_{\text{рн}}(t)]} &= 1,061/\text{с}^4; \quad \bar{\delta}_{\text{рн}}^{\ddot{}}(t) = 1,031/\text{с}^2; \\ \bar{M}_{\text{рн}} &= 1,3 \cdot 1,03 + 1565 \cdot 0,472 + 3670 \cdot 0,113 = 1154 \text{ кгм}. \end{aligned}$$

Полученные дисперсии и среднеквадратические отклонения параметров движения исполнительных органов СПК – основа для расчета моментов нагрузки и мощности исполнительных приводов в режиме стабилизации движения СПК на скорости 20 м/с [5, 6].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представлены вероятностные характеристики волнения моря в общем виде для различной величины возмущений. Выведены выражения для вероятностных характеристик возмущающих сил и моментов, действующих на СПК, и определены максимальные спектральные плотности сил и моментов, действующих на СПК на курсовом угле  $\varphi_w = 90^\circ$ . Представлены линеаризованные уравнения движения СПК. Вычислены передаточные функции, квадраты их модулей по внешним возмущениям и органам управления СПК и частотные характеристики квадратов модулей. Проанализированы дифференциальные уравнения движения СПК и определена роль каждого из органов управления в управлении различными параметрами движения. Рассчитаны спектральные плотности и дисперсии параметров свободного движения СПК, параметров движения исполнительных органов управления и их производных.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Александров М. А., Богданов А. Г., Скороходов Д. А. Обоснование параметров движения аэроуля судна на воздушной подушке// Морской вестник. – 2019. – №2(70). – С.19–21.
2. Богданов А. Г., Каминский В. Ю., Скороходов Д. А. Синтез оптимальных энергетических характеристик гидроприводов систем управления движением//Морские интеллектуальные технологии. – 2017. – Т. 2.–№ 2 (36). – С. 47–53.
3. Богданов А. Г., Королёв О. А., Скороходов Д. А. Оптимизация энергетических характеристик исполнительного привода систем управления движением. –Мат-лы Международ. науч.-практ. конфер. «Транспорт России: проблемы и перспективы», 2017, СПб., Т. 1, с. 289–295.
4. Богданов А. Г., Каминский В. Ю., Скороходов Д. А., Черненко В. И. Выбор основных энергетических характеристик исполнительного привода аэроуля судна на воздушной подушке//Морские интеллектуальные технологии. – 2017. – Т. 3. – № 4(38). – С.79–83.
5. Каминский В. Ю., Маринов М. Л., Скороходов Д. А., Турусов С. Н. Исследование энергетических характеристик исполнительных приводов систем управления движением судна на подводных крыльях//Морские интеллектуальные технологии. – 2018. – Т. 4. –№ 4(42). – С. 65–70.
6. Лукомский Ю. А., Корчанов В. М. Управление морскими подвижными объектами: Учеб. – СПб.: Элмор. 1996, с. 320. ■

**М**ихаил Александрович Александров родился 29 декабря 1959 г. в Ленинграде. После окончания средней школы в 1976 г. поступил в Ленинградское высшее военно-морское училище им.В.И.Ленина и в 1981 г. с отличием окончил дизельный факультет этого училища. Служил дивизионным инженер-механиком на строящихся кораблях пр. 1265.

После окончания с отличием 6 Высших специальных офицерских классов (1989 г.) служил в 1 ЦНИИ Министерства обороны, где прошел путь от младшего научного сотрудника до заместителя начальника управления корабельной энергетики и технических средств, радиационной, химической и биологической защиты кораблей. За время работы проявил себя специалистом, владеющим современными методами исследования и умело применяющим свои знания в области обучающих систем и тренажеров, систем управления корабельными техническими средствами, корабельных энергетических установок на органическом топливе.

В 1997 г. успешно защитил кандидатскую диссертацию по специальности «системы обработки информации и управления».

М.А. Александров – старший научный сотрудник (1998), кандидат технических наук, автор более 50 научных трудов. В 2006 и в 2008 гг. был

## К 60-ЛЕТИЮ М.А. АЛЕКСАНДРОВА

ЗАО «ЦНИИ СМ»,  
контакт. тел. (812) 640 1051



председателем Государственных комиссий по приемке первых российских корабельных газотурбинных двигателей М75РУ и М70ФРУ.

После завершения службы в рядах Вооруженных сил с сентября 2009 г. – в ЗАО «ЦНИИ СМ» вначале в должности заместителя главного инженера, с 2013 г. – заместителя директора по проектированию, с августа 2016 г. – директора.

Михаил Александрович – руководитель секции «Судовое машиностроение» Российского и Международного НТО судостроителей им. акад. А.Н.Крылова, член редсовета и постоянный автор журнала «Морской вестник».

На всех этапах своей работы проявил себя высококвалифицированным специалистом, обладающим хорошими волевыми качествами и организаторскими способностями, умеющим действовать в сложной обстановке и принимать грамотные решения.

Награжден многочисленными грамотами, ценными подарками, медалями. Капитан 1 ранга запаса.

*Друзья и коллеги поздравляют Михаила Александровича с юбилеем и желают ему доброго здоровья, успехов в работе на благо развития судостроения.*

*Редакционный совет и редколлегия журнала «Морской вестник» присоединяются к этим поздравлениям и желают Михаилу Александровичу благополучия и дальнейших творческих успехов.*



Практически на протяжении всей своей истории ЦМКБ «Алмаз» наряду с разработкой проектов кораблей и катеров для военно-морского флота (ВМФ) занималось созданием кораблей для морских пограничников. В соответствии со сложившейся практикой это были, как правило, модификации кораблей и катеров на базе проектов, разработанных для основного заказчика – ВМФ.

Наиболее яркий пример такого подхода – пограничные сторожевые корабли (ПСКР) пр. 205П «Тарантул», созданные в корпусе всемирно известных ракетных катеров пр. 205 «Оса» с использованием той же главной энергетической установки. Это были одни из самых многочисленных кораблей в составе морских сил ПС ФСБ России – за 20 с лишним лет было построено более 120 ед. На этих кораблях, помимо основного, артиллерийского, оружия было дополнительно установлено торпедное оружие и гидроакустическое вооружение, так как в военное время они должны были входить в состав ВМФ. Результатом такого подхода стали завышенная стоимость постройки и повышенные эксплуатационные расходы, связанные с неоптимальными главными размерениями и обводами корпуса, которые были выбраны, исходя из основного назначения корабля и, как следствие, с избыточным вооружением, дополнительным личным составом, необходимым для обслуживания этого вооружения, с ухудшенными условиями обитаемости и т. д.

Примером этого может служить использование в качестве пограничных сторожевых кораблей малых противолодочных кораблей (МПК) пр. 12412, созданных на базе ракетных катеров пр. 12411 «Молния», обводы которых выбирали, исходя из обеспечения скорости хода около 45 уз. Из 29 построенных МПК пр. 12412 морским частям погранвойск КГБ СССР были переданы более половины. Первый корабль был передан в 1980 г. во Владивостоке.

Аналогичный подход просматривался и при создании кораблей большего водоизмещения: модификаций пограничных сторожевых кораблей пр. 1124 и 1135.

По-видимому, накопленный первый опыт эксплуатации кораблей пр. 12412 привел к мысли о создании корабля несколько меньшего водоизмещения, но более простого и более экономичного в постройке и эксплуатации. Однако требование его использования в особый период в качестве МПК в составе ВМФ привело к сохранению практически всей номенклатуры вооружения, имеющегося на кораблях этого проекта. ЦМКБ «Алмаз», которому было поручено проектирование нового корабля, стремилось доказать целесообразность его проектирования при наличии уже строящихся кораблей пр. 12412. Окончательными доводами в пользу строительства нового корабля послужили меньшая стоимость его постройки и, соответственно, меньшие эксплуатационные расходы.

Главным конструктором нового пограничного сторожевого корабля (ПСКР), получившего номер 10410, был назначен К. Ж. Аванесов, успешно завершивший к этому времени проектирование и строительство двух правительственных яхт пр. 1360 «Чайка», получивших впоследствии наименования «Крым» и «Кавказ». В отличие от существовавшей в те времена практики проект не получил словесного шифра, а так и остался только пр. 10410, после окончания постройки головного корабля в классификации НАТО ему было присвоено наименование «Светляк», которое и закрепилось впоследствии за этим проектом.

ПСКР пр. 10410 стали практически первыми кораблями, спроектированными специально для морских пограничников, и предназначались для замены одних из самых многочисленных в составе морских частей ПВ КГБ СССР – пограничных сторожевых кораблей пр. 205П.

## «СВЕТЛЯК» - 30 ЛЕТ НА СТРАЖЕ МОРСКИХ ГРАНИЦ

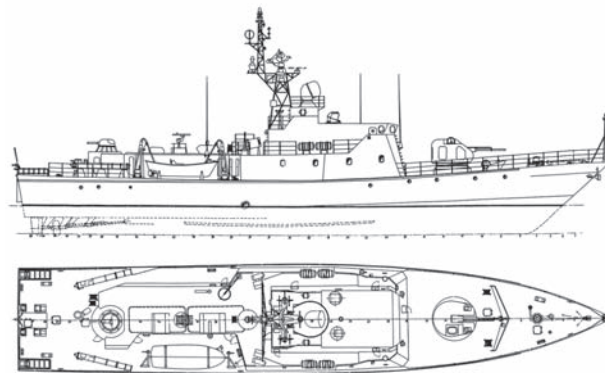
*А. В. Шляхтенко, д-р техн. наук, проф., ген. директор,  
А. Л. Ивченко, гл. конструктор, АО «ЦМКБ «Алмаз»,  
контакт. тел. (812) 373 8300, 369 0082*

Большой производственный опыт создания быстроходных кораблей подобного класса, сравнительно небольших по водоизмещению, а также изучение опыта эксплуатации кораблей, спроектированных ЦМКБ и используемых морскими силами ПС ФСБ России, позволил выполнить эту работу в весьма короткие сроки, минуя стадию эскизного проекта.

В связи с достаточно четко сформулированными основными требованиями и определенным составом вооружения и оборудования (отсутствие опытных образцов) проектирование корабля после короткого нулевого этапа, заключавшегося в проработке основных требований тактико-технического задания (ТТЗ), началось сразу со стадии технического проектирования.

При проработке основных требований в качестве основных направлений были приняты следующие:

- создание относительно простого в обслуживании личным составом и надежного в эксплуатации корабля;
  - создание экономичного корабля путем выбора обводов корпуса, обеспечивающих минимальное сопротивление движению во всем спектре заданных скоростей;
  - максимально возможное удовлетворение требований, способствующих использованию корабля по прямому назначению – как пограничного сторожевого корабля;
  - применение в значительном объеме нормализованных, проверенных практикой конструктивных решений, обеспечивающих технологичность крупносерийной постройки в сжатые сроки;
  - применение серийного комплектующего оборудования, технических средств и вооружения с минимальным количеством вновь разрабатываемых изделий;
  - использование освоенных и поставляемых промышленностью материалов, а также новых высокоэффективных материалов для вибро- и шумозащиты;
  - принятие конструктивных решений и выбор состава комплектующего оборудования, включая вооружение, позволяющих разработать и осуществить постройку корабля в экспортно-тропическом исполнении без сколько-нибудь существенного изменения основного варианта;
  - обеспечение модернизационных запасов по водоизмещению, остойчивости, площадям, с учетом значительного срока до завершения постройки серии, необходимость поддержания технического уровня корабля на весь срок службы.
- Основные характеристики ПСКР пр. 10410 приведены в таблице. Там же для сравнения приведены основные элементы ПСКР «Молния-2» пр. 12412.



ПСКР пр. 10410 (вид сбоку и сверху)

## Основные характеристики ПСКР

| Наименование элементов                         | ПСКР  |   |
|--|---|---|
|  | пр. 10410   | пр. 12412<br>«Молния-2»                                   |
| Водоизмещение полное, т                        | 375   | 455   |
| Главные размерения, м:                         |   |   |
| – длина наибольшая                             | 49,5  | 57,6  |
| – ширина наибольшая                            | 9,2   | 9,9   |
| – осадка                                       | 2,5   | 4,0   |
| Главная энергетическая установка:              |   |   |
| – количество двигателей                        | 3   | 2   |
| – тип двигателя                                | Дизель М-520  | Дизель М-507  |
| – мощность каждого, л.с.                       | 5400  | 10000   |
| Наибольшая хода, уз                            | ок. 33  | ок. 33  |
| Дальность плавания, миль/при скорости хода, уз | 1500/13   | 1600/14   |
| Автономность, сут.                             | 10  | 10  |
| Экипаж, чел.                                   | 41  | 42  |
| Вооружение:                                    |   |   |
| – артиллерийское                               | АК-176М,<br>АК-630М                                     | АК-176М,<br>АК-630М                                       |
| – противолодочное                              | 2 × ОТА-40,<br>бомбосбрасыватели                        | 1 к-т РБУ-1200,<br>4 × ОТА-40,<br>бомбосбрасыватели       |
| – ракетное                                     | 16 ПЗРК<br>«Стрела»                                     | 16 ПЗРК<br>«Стрела»                                       |
| – радиотехническое                             | РЛС МР-123,<br>РЛС МР-212,<br>ГАС МГ-349,<br>ГАС МГ-747 | РЛС МР-123,<br>РЛС «Рейд»,<br>ГАС «Бронза»,<br>ГАС МГ-747 |
| – противоподводно-диверсионное                 | 2 гранатомета<br>МРГ-7                                  | 2 гранатомета<br>МРГ-7                                    |

При разработке технического проекта большое внимание было уделено выбору главных размерений и обводов корпуса. В целях повышения ходовых и мореходных качеств были отработаны нетрадиционные в практике ЦМКБ круглоскулые обводы корпуса с высоким кормовым подзором, позволившие обеспечить минимальный угол наклона линии вала и минимальную габаритную осадку, так как гребные винты очень незначительно выступают за основную плоскость. На днище, на самом транце, для уменьшения ходового дифферента установлен неуправляемый интерцептор на всю ширину корпуса корабля. Благодаря этому удалось достигнуть оптимальных пропульсивных качеств практически во всем спектре скоростей хода, в том числе при полной боевой скорости хода 29 уз (при  $0,8 N_{\text{ном}}$  главных двигателей) и при экономической скорости хода 12–13 уз. Дальность плавания экономическим ходом при полном запасе топлива 37 т составляет 1500 миль, при приеме наибольшего запаса топлива в перегруз дальность плавания корабля может быть доведена до 2200 миль.

Контрольные испытания моделей, проведенные в бассейне ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова, и последующие натурные мореходные испытания головного корабля подтвердили правильность принятых в проекте решений.

Учитывая особенности пограничной службы, особое внимание при проектировании было уделено размещению основных постов управления кораблем: частично приподняты на банкете для улучшения обзора объединенная ходовая и штурманская рубки с выходом на бортовые крылья мостика. Первоначально на головных кораблях, построенных на Владивостокском и Ярославском судостроительных заводах, был предусмотрен также выход на мостик сигнальщика, расположенный на крыше второго яруса надстройки с проходом к прожекторам и биноклярным трубам, находящимся на крыльях мостика. Однако в связи с установкой на последующих кораблях вместо оптического визира ОВНЦ-451 инфракрасной аппаратуры с лазерным дальномером «Холм-ТВ» этот выход был ликвидирован и

в дальнейшем при отказе от этой аппаратуры, не оправдавшей себя, не восстанавливался.

Приборы управления основным вооружением: радиолокационной системы управления артиллерийскими установками МР-123-01, приборы управления торпедной стрельбой и пост управления гидроакустическими станциями – расположены на платформе в средней части корабля. Ниже под платформой расположены гиропост, приборный отсек и агрегатная, в которых размещены агрегаты питания с пускорегулирующей аппаратурой, кондиционеры, опреснительная установка, ЗИП и другое оборудование.

Главная энергетическая установка корабля (ГЭУ) размещена в трех отсеках:

первый отсек – пост энергетики и живучести (ПЭЖ), в котором сосредоточены средства управления ГЭУ, включая центральный пульт управления системы дистанционного автоматизированного управления главными двигателями, дизель-генераторами и электроэнергетической системой и общекорабельными системами «Орион-2СЗ». Там же расположены цистерны запасного масла, а под платформой – баллоны системы сжатого воздуха и другое оборудование;

второй отсек – носовое моторное отделение (НМО), в котором размещены два главных двигателя, приводящие во вращение бортовые гребные валы, с местными постами управления ГД, дизель-генератор (ДГ) № 1 мощностью 200 кВт, расположенный в диаметральной плоскости корабля на амортизированной раме, главный распределительный щит (ГРЩ) № 1, циркуляционные масляные баки главных двигателей емкостью по 400 л, охладители воды и масла, пожарный насос № 1 и другое оборудование;

третий отсек – кормовое моторное отделение (КМО), в котором размещен один главный двигатель, приводящий во вращение средний гребной вал, с местным постом управления, два дизель-генератора № 2 и № 3 мощностью по 100 кВт каждый, ГРЩ № 2, циркуляционный масляный бак ГД, охладители воды и масла ГД, промежуточные опорные подшипники бортовых валовых линий пожарный насос № 2, цистерна расходного топлива для ДГ и другое оборудование.

При проектировании корабля большое внимание было уделено обеспечению достаточного комфорта личному составу. Личный состав в количестве 41 человека (включая 7 человек, входящих в досмотровую партию).

Каюта командира и три двухместные каюты офицеров расположены на правом борту в носовой части достаточно развитой надстройки 1-го яруса и выходят в отдельный коридор № 1, образуя вместе с примыкающим к ним блоком санитарно-бытовых помещений командного состава, практически изолированный офицерский блок. Каюты офицеров оборудованы двухъярусными койками, письменными столами, дополнительными диванами, шкафами для одежды и обуви и умывальниками. По левому борту в носовой части надстройки размещена вместительная кают-компания, выхо-



ПСКР «Выборг» (зав. № 301) – первый корабль, законченный постройкой на ПАО «СФ «Алмаз» в 1991 г.



дящая в основной магистральный коридор, за которой далее размещены пост радиосвязи и трансляционная.

Для доставки на суда досмотровой партии была установлена шлюпка РШПМ5.5, для спуска которой предусмотрены шлюп-балки.

Жилые помещения мичманов, старшин и матросов расположены на платформе в трех отсеках, выходы из которых ведут в основной магистральный коридор № 2. Для мичманов предназначена шестиместная каюта с умывальником. Старшины и матросы размещены в 12-местном, двух 8-местных и одном 4-местном кубриках. Санитарно-бытовые помещения личного состава находятся в кормовой части надстройки по левому борту над отсеками энергетической установки.

Столовая команды и камбуз расположены на платформе в корму от моторных отделений, провизионные кладовые – в ахтерпике.

Все посты, жилые и служебные и общественно-бытовые помещения оборудованы круглогодичной системой кондиционирования воздуха.

Разработка технического проекта была начата в 1984 г., головной корабль, построенный на ОАО «Восточная верфь» во Владивостоке, был передан генеральному заказчику – морским частям ПВ КГБ СССР в 1988 г. На испытаниях головного корабля была развита наибольшая скорость полного хода – около 33 уз, полная боевая скорость хода (при работе главных двигателей без ограничения по времени) – 29 уз, и подтверждена дальность плавания экономическим ходом 12–13 уз – 1500 миль при полном водоизмещении и свыше 2200 миль при наибольшем запасе топлива.

Благодаря принятым обводам корпуса корабль обладает хорошей, мягкой, всхожестью на волну, более плавной качкой, меньшими перегрузками на волнении, что особенно ценно для пограничного корабля, длительное время находящегося в море.

Принятые при проектировании решения полностью оправдали себя уже при строительстве кораблей, которое, учитывая потребность, было развернуто практически одновременно еще на двух заводах отрасли: ОАО «Ярославский судостроительный завод» и ОАО «Судостроительная фирма «Алмаз».

Особое внимание было уделено технологичности постройки корабля. В качестве основных материалов использованы только широко применяемые и хорошо себя зарекомендовавшие. В связи с тем, что строительство ПСКР пр. 10410 должно осуществляться на заводах, где уже строились другие корабли по проектам ЦМКБ, большое внимание было уделено межпроектной унификации материалов, сокращению номенклатуры и типоразмеров узлов и деталей, путевой и концевой арматуры, скобяных изделий.

При проектировании корпуса широкое применение нашли хорошо отработанные в практике ЦМКБ конструкции с использованием биметаллических листов и полос, что позволило с помощью сварки соединять конструкции из стальных листов и алюминиевых панелей и упростить технологию сборки и сварки корпуса в целом.

Для повышения качества монтажа на самом корабле в проекте было уделено много внимания созданию отдельных модульных агрегатов, сборка и испытания которых проводились непосредственно в цехах, а на корабле осуществлялись их установка и подключение к системам, проводились испытания в составе уже готовых систем.

Для снижения уровней воздушного и структурного шумов применены высокоэффективные вибропоглощающие и вибродемпфирующие материалы. Улучшена отделка всех помещений.

В качестве главной энергетической установки была выбрана как самая экономичная дизельная трехвальная, с тремя главными двигателями производства объединения «Звезда»



**ПСКР «Сочи» (зав. № 310) – корабль с уменьшенным составом вооружения, законченный постройкой на ПАО «СФ «Алмаз» в 2007 г.**

типа М520. Эти серийно выпускаемые двигатели нашли широкое применение, как в ВМФ, так и в морских силах ПС ФСБ России и досконально изучены личным составом. Техническое обслуживание этих двигателей хорошо налажено во всех регионах страны.

В качестве вспомогательной энергетической установки на корабле предусмотрены дизель-генераторы объединения «Барнаултрансмаш», также широко применяемые на кораблях и судах морских сил ПС ФСБ России.

Предусмотренная на корабле комплексная система дистанционного автоматизированного управления «Орион-2 СЗ» позволяет осуществлять управление главной энергетической установкой, электроэнергетической системой и общесудовыми системами непосредственно из поста энергетики и живучести. Управление оборотами и реверсом главных двигателей вынесено также в ходовую штурманскую рубку.

Учитывая особенности несения службы кораблями морской охраны ПС ФСБ России, особое внимание было уделено проектированию ходовой штурманской рубки, где сосредотачивается вся информация, необходимая для принятия командиром правильного решения.

При создании пограничного сторожевого корабля пр. 10410 было уделено особое внимание достижению высокой эффективности его использования как сложной системы при максимальной установке серийно выпускаемого комплектующего оборудования, технических средств и вооружения. Это позволило избежать значительных затрат на дорогостоящие НИОКР по разработке новых образцов. На корабле пр. 10410 не было установлено ни одного опытного образца.

Важным достоинством ПСКР пр. 10410 является то, что для их базирования не требуется никаких дополнительных капиталовложений. Корабли могут размещаться в тех же пунктах базирования, что и корабли пр. 205П и пр. 1241-2, а ремонт проводится на тех же судоремонтных базах.

Большой вклад в проектирование и на последующих стадиях создания ПСКР пр. 10410 внес главный наблюдающий по проекту от генерального заказчика Ю. М. Корнев.



**ПСКР «Керчь» (зав. № 313) – 34-й в серии корабль с обновленным составом вооружения, законченный постройкой на ПАО «СФ «Алмаз» в 2018 г.**

После ухода на пенсию главного конструктора К. Ж. Аванесова работы по пр. 10410 возглавил главный конструктор В. П. Липиев, а затем А. Л. Ивченко.

Жизнь подтвердила правильность принятых при проектировании ПСКР пр. 10410 решений. В сложные 90-е гг., несмотря на все трудности, строительство этих кораблей продолжалось практически без перерыва, хотя и со значительным изменением состава вооружения и другого оборудования.

В 2000 г. за создание кораблей пр. 10410 коллективу конструкторов АО «ЦМКБ «Алмаз» (А. Л. Ивченко, А. Г. Славгородский, М. Д. Бройдо, А. Н. Третяков, С. В. Челинцева), а также группе работников заводов-строителей была присуждена премия Правительства РФ.

В связи с изменением задач, стоящих перед морскими силами ПС ФСБ России, а также с трудностями поставки и высокой стоимостью некоторых комплектующих изделий в 2000 г. было принято решение об изменении состава вооружения ПСКР. В частности, вместо артустановки АК-176М в носовой оконечности была установлена вторая артустановка АК-630М. Вместо дорогостоящей радиолокационной системы управления МР-123 было предусмотрено управление артустановками от визирных колонок с лазерными дальномерами. С кораблей также были сняты гидроакустические станции и торпедные аппараты с системой управления.

Изменение состава вооружения позволило за счет высвободившихся площадей постов и сокращения численности экипажа значительно улучшить условия обитаемости личного состава.

Изменился и силуэт корабля. Барбет носовой артустановки был объединен с надстройкой. Пост радиосвязи поднят на один ярус с ходовой штурманской рубкой, что улучшило оперативную связь между постами. Все приборы управления кораблем в штурманской ходовой рубке объединены в единый пульт системы «Орион-10410».

За счет некоторого увеличения объема надстройки в ка-



*Ходовая рубка ПСКР (зав. № 313)*

юте командира была оборудована душевая, а по левому борту предусмотрена каюта офицеров № 4. Это позволило всех офицеров разместить в одноместных каютах. Камбуз был перенесен из кормовой части корабля в 1-й ярус надстройки за кают-компанией. В корпусе за счет освобождения площадей удалось разместить всех старшин и матросов на платформе в шести четырехместных каютах. В следующем отсеке предусмотрены две двухместные каюты мичманов и столовая команды. Для подачи пищи из камбуза в столовую сделан подъемник. В корме на месте камбуза и столовой размещены продовольственные кладовые, объем которых позволяет увеличить автономность корабля по запасам воды и провизии до 15 суток. Тихоходная шлюпка РШПМ5.5 была заменена на быстроходную жестко-надувную лодку «Фаворит-Ф500», для спуска которой установлен электрогидравлический кран фирмы Palfinger.

При сохранении неизменным водоизмещения корабля 375 т увеличены запасы топлива и, соответственно, дальность



*ПСКР-925 «Ямалец» (зав. №309) постройки ПАО СФ «Алмаз»*

плавания экономическим ходом до 2100 миль при полном запасе топлива и до 2500 миль при наибольшем запасе топлива.

В 2009 г. начался второй этап модернизации ПСКР пр. 10410. В целях повышения надежности кораблей в эксплуатации на корабле были заменены главные двигатели М520 завода «Звезда» и дизель-генераторы завода «Барнаултрансмаш» на главные двигатели фирмы MTU 16V400073L и дизель-генераторы фирмы MAN соответствующей мощности. Это позволило значительно увеличить межремонтный период службы корабля.

Как принято в практике ЦМКБ «Алмаз», на базе хорошо зарекомендовавших себя проектов разрабатывается экспортная модификация для поставки на экспорт. Базовой экспортной модификации ПСКР присвоен номер 10412. Это сторожевой катер с артиллерийским вооружением. В зависимости от требований заказчика состав вооружения и технических средств, устанавливаемых на нем, может варьироваться в широких пределах, включать и ударное ракетное оружие.

Первые два катера в базовой комплектации были построены на ОАО «СФ «Алмаз» для Республики Вьетнам в 2002 г. В 2008 г. этот же заказчик заключил контракт на постройку еще четырех таких катеров. Строительство двух катеров велось на ОАО «СФ «Алмаз», а двух других – на АО «Восточная верфь».

В 2008 г. также был заключен контракт на строительство сторожевого катера пр. 10412 для Республики Словения. Комплектация этого катера близка к ПСКР пр. 10410 в последней модификации, однако вместо артустановки в кормовой части катера предусмотрена установка на палубе кормовой надстройки и рострах двух 9-метровых жестко-надувных лодок. Для их спуска и подъема предусмотрен электрогидравлический кран соответствующей грузоподъемности, а на транце – откидная площадка для посадки и высадки из шлюпок.

Для усиления огневой мощи катера на нем в дополнение к носовой 30-мм артиллерийской установке АК-306 размещен высокоэффективный комплекс управляемого ракетного оружия «Штурм-В» с дальностью стрельбы до 8–10 км с оптикоэлектронной системой управления, разработанный на базе вертолетного комплекса Коломенским «КБ Машиностроения». Катер передан заказчику в ноябре 2010 г.

На конец 2015 г. в общей сложности по пр. 10410 и пр. 10412 было построено 40 кораблей (в том числе 33 для ПС ФСБ России и 7 для иностранных заказчиков), которые успешно несут службу практически во всех регионах, от Арктики до тропиков, тем самым подтверждая правильность решений, заложенных при их проектировании.

Но на этом история «Светляков» не закончилась. Учитывая их высокие эксплуатационные качества и относительно невысокую стоимость строительства, в 2016 г. ПС ФСБ России было принято решение о продолжении строительства ПСКР пр. 10410 по обновленному проекту.

В связи с тем, что поставка двигателей фирмы MTU попала под санкции, на корабле в качестве главных двигателей предусмотрены дизели CHD622V20 мощностью по 2900 кВт





*Сторожевой катер пр. 10412 (вид сбоку и сверху)*

производства КНР. Редукторы для передачи мощности на гребные валы сохранены, что обеспечивает поддержание режима «троллинга» на бортовых валовых линиях.

Изменен состав артиллерийского вооружения: вместо двух артустановок АК-630М с управлением от визирных колонок предусмотрена одна артустановка АК-306 в носовой оконечности с управлением от оптико-электронной станции ОЭСУ-520-М и два 12,7-мм ручных пулемета, установленных на специальных стойках побортно на палубе надстройки 1-го яруса.

За счет укорочения надстройки на длину барбета снятой кормовой артустановки на юте корабля удалось разместить два спуско-подъемных устройства фирмы Palfinger со скоростными катерами СК-630ДШ, обеспечивающих спуск и подъем этих катеров вместе с личным составом на ходу корабля при скорости до 6 уз.

Улучшен обзор из ходовой рубки за счет установки иллюминаторов большего размера, практически по всему периметру рубки.

Усовершенствована комплексная система управления техническими средствами (КСУ ТС) «Орион-10410 Мастер». Фактически на корабле созданы автоматизированные рабочие места АРМ по управлению кораблем и его техническими средствами, в том числе по управлению кораблем с ИПУ в ходовой рубке: АРМ командира корабля, АРМ вахтенного офицера, АРМ рулевого; по управлению энергетической установкой корабля с ЦПУ в КПЭЖ: АРМ командира БЧ-5, АРМ вахтенного механика, АРМ вахтенного электрика.

Отдельно в штурманской рубке организован АРМ штурмана. Численность экипажа на обновленном корабле составляет 23 человека.



*Транспортировка сторожевых катеров пр. 10412, построенных для Вьетнама в 2002 г.*



*СК «Триглав» (зав. № 043) – сторожевой катер пр. 10412, построенный для Словении на ПАО «СФ «Алмаз» в 2010 г.*

Существенно улучшены на корабле бытовые условия, модернизирована система кондиционирования воздуха, обновлено камбузное оборудование, увеличена площадь провизионных кладовых.

В 2017 г. по откорректированной документации практически одновременно началось строительство сразу четырех кораблей: по одному на ПАО «СФ «Алмаз» и ПАО «Ярославский судостроительный завод» и двух на АО «Восточная верфь» во Владивостоке.

25 октября 2018 г. на ПАО «СФ «Алмаз» был подписан приемный акт по первому из этих кораблей (зав. № 313), получившему название «Керчь» в честь этого города-героя, где он и несет службу.

Личный состав по достоинству оценил новый корабль, особенно отличный обзор из ходовой рубки, новую интегрированную систему управления кораблем и отличные бытовые условия.

Почти закончены работы на корабле, строящемся на ПАО «Ярославский судостроительный завод», который получил название «Балаклава». Сроки сдачи кораблей, строящихся на «Восточной верфи», сдвинулись на 2020 г.

Но, как известно, история развивается по спирали. События, которые произошли в районе Крымского моста, показали, что «порох в пороховницах надо держать сухим», и поэтому генеральный заказчик в лице ДБО ПС ФСБ принял решение вернуться к установке на «Светляке» более мощного вооружения. На корабле зав. № 314, на строительство которого готовится к подписанию контракт с ПАО «СФ «Алмаз», вновь появится артустановка АК-176МА с управлением от РЛСУ МР-123–02/3.

В ходе проектирования, постройки и испытаний ПСКР пр. 10410 особо отличились сотрудники ЦМКБ «Алмаз»: Ю. А. Ляпунов, И. Я. Баскаков, П. В. Гореликов, Н. В. Андреев, И. Ш. Бомштейн, Б. Г. Сиротин, В. П. Гуревич, Б. С. Дзидобик, В. В. Жегина, А. А. Порошин, Н. И. Саввон, В. И. Финкель, В. А. Белинский, А. М. Лазарев, Н. К. Филатова, Т. В. Артемьева, Г. Н. Настай, В. И. Коновальский, Е. А. Близнюк, В. А. Болдовский, В. Н. Курносков, Р. П. Куляева, Б. Н. Борейчук, Ю. Н. Бакуновский, Д. Б. Епифанов, Л. А. Потемкин, К. М. Голубев, В. Н. Крылов, Т. В. Тимофеева, Л. М. Настай, В. М. Морозов, В. И. Портных, В. Н. Копничев, Н. Н. Леонтьева, О. Л. Антюфеев, Н. П. Гарбуз, Н. Н. Добрянов, В. И. Копылов, В. А. Иванов.

Вот уже более 30 лет «Светляки» успешно охраняют морские границы нашей Родины. ■

**Л**енинградский судостроительный завод «Пелла» установил в 2019 г. своеобразный рекорд отрасли, спустив на воду четыре промысловых судна в течение семи месяцев. Все суда строятся по государственной программе инвестиционных квот, предусматривающей выделение квоты на вылов биоресурсов в обмен на постройку судна на российской верфи. Героями новостных лент стали траулеры пр. 03095 и пр. 1701, которые строятся на новом судостроительном комплексе «Пеллы». Также не забывали корабельщики из Отрадного и о постройке судов-краболовов пр. 03070.

### ТРАУЛЕР-ПРОЦЕССОРЫ ПРОЕКТА 03095

Серия из четырех траулеров-процессоров пр. 03095 строится по заказу Мурманской группы компаний «Мурмансельдь 2». Закладка двух первых судов (строительные номера 410 и 411) состоялась 15 сентября 2017 г. при участии вице-премьера Аркадия Дворковича и главы Росрыболовства Ильи Шестакова. Вторая пара траулеров была заложена 20 декабря 2017 г. под номерами 412 и 413. Все траулеры пр. 03095 получили названия в честь ярких звезд: «Андромеда», «Кастор», «Поллукс», «Альхена».



Траулер-процессор «Андромеда» пр. 03095

Два первых траулера-процессора были спущены на воду в 2019 г. 9 апреля в своей родной стихии оказалось головное судно «Андромеда», а 16 сентября – первый серийный траулер «Кастор». В настоящее время «Андромеда» готовится к началу испытаний.

Траулер-процессор пр. 03095 предназначен для добычи донных пород рыб и полного цикла обработки улова на борту. Согласно пожеланию заказчика, серия строится на двойной класс под наблюдением двух классификационных обществ – Российского морского регистра судоходства (РС) и норвежского DNV GL. По классификации РС суд-

но имеет класс КМ (\*) Ice3 AUT1 REF Fishing Vessel.

Полное водоизмещение траулера пр. 03095 составляет ок. 3730 т, дедвейт – около 1400 т, длина – около 70 м, ширина – ок. 14 м, осадка – 6 м, скорость – 14,5 уз, экипаж – 62 человека.

Пропульсивный комплекс включает в себя главный двигатель Wärtsila 9L32 мощностью 5220 кВт, подключенный через редуктор винт регулируемого шага в насадке, а также носовое подруливающее устройство туннельного типа.

В специальное оборудование судна входят электрогидравлический кран грузоподъемностью 6,2 т при вылете стрелы 18 м и промысловые гидравлические лебедки.

Предполагается, что траулеры будут работать на промысле трески, пикши и сайды в Норвежском и Баренцевом морях. Рыбофабрика включает оборудова-

ние для сортировки, обезглавливания, потрошения и филетирования рыбы, выпуска кормового фарша, ликвидных рыбных отходов, рыбной муки и консервов.

Производительность морозильного оборудования составляет не менее 100 т в сутки. Филетировочное оборудование позволяет выпускать не менее 20 т готовой продукции в сутки. Рыбомучная установка способна перерабатывать около 50 т в сутки по исходному сырью.

Морозильный трюм имеет объем ок. 1350 м<sup>3</sup>, температура хранения составляет –30 °С. Вместимость трюма рыбной муки – 200 м<sup>3</sup>, температура хранения – +18 °С.

## «ПЕЛЛА» СТАВИТ РЕКОРДЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ РЫБОЛОВНОГО ФЛОТА

ОАО «Пелла»,  
контакт. тел. (812) 336 4066

### РЫБОЛОВНЫЙ МОРОЗИЛЬНЫЙ ТРАУЛЕР ПР. 1701

Серия из двух средних рыболовных морозильных траулеров пр. 1701 строится на судостроительном заводе «Пелла» по заказу Мурманской группы компаний «ФЭСТ». Закладка двух судов под зав. № 414 и под зав. № 415 состоялась 27 декабря 2017 г.

Спуск на воду первого судна «Скорпион» состоялся 10 июля 2019 г в присутствии министра сельского хозяйства РФ Дмитрия Патрушева. Второй траулер – «Лев» – был выпущен в родную стихию 25 октября 2019 г. Оба судна получили свои имена в честь созвездий.

Средний траулер пр. 1701 предназначен для донного и пелагического промысла и обработки улова на борту. По классификации РС судно имеет класс КМ (\*) Ice2 AUT1 REF Fishing vessel.

Полное водоизмещение судна – ок. 3130 т, дедвейт – ок. 1130 т. Длина траулера пр. 1701 составляет 61,04 м, ширина – 14,0 м, осадка – 5,9 м. Судно развивает скорость не менее 13,5 уз. Экипаж насчитывает 38 человек.

Траулер пр. 1701 оснащен главным двигателем Wärtsila 9L32 мощностью 3480 кВт. В качестве движителя используется подключенный через редуктор винт регулируемого шага в насадке. Также предусмотрено носовое подруливающее устройство туннельного типа.

Для работы с орудиями лова судно оснащено электрогидравлическим краном грузоподъемностью 4 т при вылете стрелы 16 м и промысловыми гидравлическими лебедками. Рыбофабрика траулера пр. 1701 оснащена оборудованием для сортировки, обезглавливания, потрошения рыбы, выпуска кормового фарша и ликвидных рыбных отходов.



Спуск на воду среднего траулера «Скорпион» пр. 1701

Морозильное оборудование позволяет выпускать не менее 70 т мороже-



ной продукции, включая не менее 40 т филе. Для заморозки потрошенной обезглавленной или неразделанной рыбы предусмотрены вертикальные и горизонтальные плиточные морозильные аппараты. Заморозка филе осуществляется в горизонтальных морозильных аппаратах.

Для хранения готовой продукции предусмотрен морозильный трюм вместимостью 1200 м<sup>3</sup>. Температура хранения составляет –30 °С.

### КРАБОЛОВ ПРОЕКТА 03070



*Строительство серии краболовов пр. 03070*

Для крабового рынка конструкторы «Пеллы» разработали два варианта современных промысловых судов на единой платформе: краболов-живовоз пр. 03070 и краболов-процессор пр. 03074. Оба проекта имеют одинаковые размерения и основное энергетическое оборудование, что позволяет сократить сроки строительства промысловых судов различного назначения. При разработке проектов учтены требования вступивших в силу в 2019 г. изменений в законодательстве по распределению квот на добычу краба.

Завод из Ленинградской области стал первопроходцем в строительстве нового российского краболовного флота. Первый отечественный краболов «Русь», строящийся по пр. 03070 по заказу дальневосточной компании «Антей», был заложен на верфи в Отрадном 2 марта 2018 г. под зав. № 402. Спуск на воду состоялся 26 декабря 2018 г. В октябре 2019 г. на краболове «Русь» начались швартовные испытания.

Корабелы «Пеллы» работают еще над двумя судами пр. 03070. Продолжается формирование корпуса второго краболова (зав. № 403).

16 октября 2019 г. на судне была установлена ходовая рубка. Помимо этого, началась строительство третьего краболова (зав. № 404).

Судно для добычи краба пр. 03070 предназначено для донного лова различных сортов краба (камчатский, опилю, синий и др.) и транспортировки продукции в живом виде. Краболов-живовоз имеет класс РС КМ (\*) Ice2 AUT3 (REF) Fishing vessel.

Полное водоизмещение этого краболова-живовоза – 1931 т, валовая вместимость – 1182 т, длина – 50,45 м, ширина – 12,53 м, осадка – 6,72 м. Автономность по запасам топлива – 30 сут, скорость – около 12 уз. Экипаж насчитывает 28 человек.

Оборудование судна пр. 03070 включает в себя носовой якорно-швартовый электрический брашпиль, кормовой швартовый электрический шпиль, носовой кран грузоподъемностью 3,6 т при вылете стрелы 12 м, а также кормовой грузовой кран грузоподъемностью 2,1 т при вылете стрелы 8 м.

Добыча краба ведется с помощью конусных ловушек «японского» типа. Вместимость кладовой наживки составляет 30,5 м<sup>3</sup>. Сортировка и перегрузка крабов выполняется с помощью специального оборудования. Продукция хранится в корзинах в охлажденной и подготовленной забортной воде в термоизолированных цистернах (RSW-танках). Общая вместимость девяти RSW-танков – 461 м<sup>3</sup>.

Линейка промысловых судов «Пеллы» не ограничивается перечисленными проектами.

Конструкторы завода продолжают работу над новыми проектами для рыбной промышленности. В частности, прорабатываются варианты новых траулера и рефрижераторных судов для транспортировки улова на берег.

В сегменте композитного судостроения дочернее предприятие ОАО «Пелла» – компания «Пелла-Фиорд» – представила в 2019 г. два новых концепт-проекта маломерных рыболовных судов из композитных материалов – 03870 и 04230. Судно пр. 04230 длиной 11,36 м предназначено для прибрежного лова рыбы и доставки улова на перерабатывающие предприятия. Судно пр. 03870 длиной 14,95 м может использоваться в качестве траулера, сейнера, краболова, креветколова или прибрежного научно-исследовательского судна. ■



*Модель судна из композитных материалов пр. 03870*

**В** 1958 г., в год завершения государственных испытаний первенца отечественного судостроения – атомной подводной лодки К-3 пр. 627, вышло Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР о создании новой скоростной подводной лодки пр. 661, определившее развернутую программу развития научно-технического и производственного потенциала страны, используемого в подводном кораблестроении, включая создание современных конструкционных материалов, атомной энергетической установки и ракетного оружия.

Новая атомная подводная лодка (АПЛ) по всем тактико-техническим характеристикам – скорости подводного хода, глубине погружения, параметрам энергетической установки, вооружению, эффективности гидроакустического и навигационного комплексов и электронным техническим средствам – должна была значительно превзойти отечественные подводные лодки первого поколения. И такой корабль был создан в ЦКБ-16 (в 1974 г. входит в состав СПМБМ «Малахит») под руководством начальника и главного конструктора Н. Н. Исанина, а с апреля 1965 г. – начальника и главного конструктора Н. Ф. Шульженко. Строительство АПЛ выполнялось на заводе № 402 (ныне АО «ПО «Севмашпредприятие»). Приемный акт о передаче опытной крейсерской подводной лодки К-162 пр. 661 в состав ВМФ был подписан Государственной комиссией 50 лет назад – 31 декабря 1969 г.



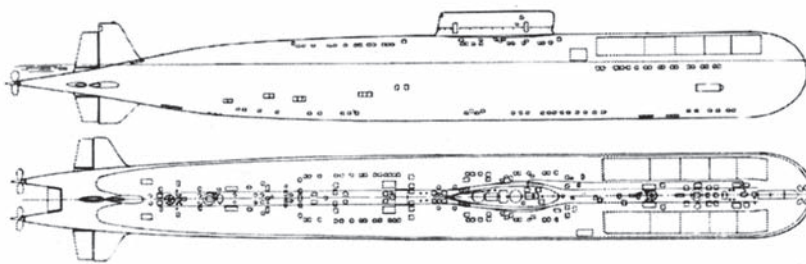
**Н. Н. Исанин**

В историю отечественного подводного судостроения АПЛ пр. 661 вошла как высокоскоростная, маневренная подводная лодка, изготовленная впервые в мировой практике из титанового сплава и оснащенная крылатыми ракетами «Аметист», стартующими из-под воды.

Для создания корабля были привлечены более 40 министерств и ведомств, более 170 соисполнителей – ведущих научно-исследовательских институтов,

## ПЕРВАЯ ВЫСОКОСКОРОСТНАЯ ТИТАНОВАЯ ПОДВОДНАЯ ЛОДКА К 50-ЛЕТИЮ СОЗДАНИЯ АПЛ ПРОЕКТА 661

**В.В. Крылов**, канд. техн. наук, зам. главного конструктора специализации, **Р.А. Шмаков**, вед. специалист по истории проектирования, АО «СПМБМ «Малахит», контакт. тел. (812) 242 8531, 242 8569



**АПЛ пр. 661 с крылатыми ракетами «Аметист» (вид сбоку и сверху)**

проектно-конструкторских организаций и заводов. Для разработки и поставки новых образцов оборудования, механизмов, аппаратуры и материалов было выполнено почти 400 контрагентских работ и утверждено 250 технических условий. В дальнейшем значительная часть разработанных образцов оборудования была применена также при создании АПЛ второго поколения.

При разработке АПЛ пр. 661 наибольшее внимание было уделено созданию нового титанового сплава для изготовления прочного корпуса и корпусных конструкций, создания новой энергетической установки и ракетного оружия.

**Разработка титанового сплава.** В число поставленных перед ЦКБ-16 задач входило увеличение вдвое скорости подводного хода и в полтора раза глубины погружения новой АПЛ по сравнению с подводными лодками первого поколения. Указанные требования сыграли основную роль в выборе материала для корпуса корабля. Было рассмотрено несколько вариантов использования различных высокопрочных материалов: сталь марки АК-29, алюминий-магниево-титановые сплавы и титановые сплавы.

В результате углубленных проработок предпочтение было отдано титановому сплаву из-за его несомненных преимуществ. Он обладает наиболее высокой удельной прочностью, почти в два раза легче стали, что позволило снизить нагрузку масс и водоизмещение корабля, является коррозионно-стойким в морской воде, и, следовательно, значительно сокращаются затраты при эксплуатации АПЛ. Кроме того, сплав немагнитен, что положительно сказывается на физических полях корабля.

До конца 50-х гг. прошлого столетия титановые сплавы применялись в основ-



**Н. Ф. Шульженко**

ном в авиационной и химической промышленности. Опыта их применения в подводном судостроении для изготовления толстолистовых крупногабаритных корпусных конструкций не было.

Для решения проблемы создания титанового сплава для судостроения вышло Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 28 марта 1958 г. № 980-458, а также Постановление Совета Министров СССР от 29 декабря 1958 г. № 1391-677, которые положили начало кардинальной перестройке титановой промышленности в стране, нацелив ее на создание и освоение новых образцов подводной техники. Завершение в 1960 г. эскизного проекта АПЛ дало мощный импульс разветвлению НИОКР по созданию новых морских сплавов. В их число входили разработка технологии производства титановых слитков массой не менее 4 т, широкоформатных листов толщиной до 60 мм, поковок, отливок и сварочной проволоки, создание технологии гибки и штамповки листов, автоматической, полуавтоматической и ручной



аргодуговой сварки, методов контроля качества, разработка правил и методов расчетов прочности из нового материала, правил проектирования корпусов АПЛ с учетом особенностей титановых сплавов, проектирование, изготовление и испытания опытных образцов и полунатурных отсеков.

Выполнение указанных НИОКР по созданию и внедрению нового титанового сплава марки 48-ОТЗ с пределом текучести не менее 588 МПа было возложено на ЦКБ-16, ЦНИИ-48 (ныне – НИЦ «Курчатовский институт – ЦНИИ КМ «Прометей»), ЦНИИ-45 (в настоящее время – ФГУП «Крыловский государственный научный центр») и ЦНИИ-138 (ныне – АО «ЦТСС»). В то время директорами в перечисленных институтах были Г. И. Капырин, И. В. Горынин (ЦНИИ-48), В. И. Першин, Н. Н. Бабаев, А. И. Вознесенский (ЦНИИ-45) и В. В. Мещеряков (ЦНИИ-138).

В указанных работах участвовали многие научные организации и заводы металлургической промышленности страны. В конце 1961 г. на завод-строитель новой АПЛ поступила первая промышленная партия листов из вновь разработанного титанового сплава.

**Создание реакторной установки «В-5».** Технический проект атомной установки с реактором водо-водяного типа (под индексом «В-5») выполнялся в НИИ-8 (ныне – АО «НИКИЭТ») совместно с СКБ Ижорского завода (в настоящее время – ОКБ ПАО «Ижорские заводы») и был закончен в апреле 1961 г. Главным конструктором установки был Н. А. Доллежал, научным руководителем – академик А. П. Александров.

Отличительными особенностями данной установки от ранее созданных были, в том числе, значительно возросшая мощность реактора, соответственно увеличенные паропроизводительность и расход теплоносителя через активную зону; управление реактором посредством компенсирующих групп (одна ЦКР и три ПКР), перемещаемых специально выполненными шаговыми двигателями; впервые разработанные для ТВС активной зоны реактора стержневые ТВЭЛ с оболочками крестообразного поперечного сечения.

Установка «В-5» создавалась без наземного прототипа. Поэтому на Ижорском заводе – изготовителем и поставщиком комплектов оборудования установки был изготовлен натурный отсек, имитирующий реакторный отсек АПЛ пр. 661 с размещением в нем основного оборудования. На этом стенде была апробирована технология монтажных работ и с использованием макета активной зоны реактора отработана теплогидравлика первого контура. В начале 1968 г.

атомная установка «В-5» была поставлена на завод-строитель АПЛ.

**Создание ракетного вооружения.** После многочисленных проработок размещения на АПЛ пр. 661 различного типа ракетного вооружения предпочтение было отдано крылатым ракетам со стартом из-под воды. Разработка ракетного комплекса «Аметист» в целом, а также крылатой ракеты и исследования подводного старта выполнялись в ОКБ-52 (АО «НПО «Машиностроение»). Директором и генеральным конструктором ОКБ был В. Н. Челомей. Такие ракеты создавались впервые в мире. Располагались они на АПЛ в специальных наклонных контейнерах в междубортном пространстве. Отрабатывались пуски ракет «Аметист» на переоборудованных подводных лодках пр. 613А и пр. 613АД в 1962–1967 гг. и завершились успешно.

**Архитектура АПЛ и расположение оборудования.** Эскизный проект АПЛ был утвержден в июле 1960 г., технический проект – в марте 1961 г. К выполнению рабочих чертежей ЦКБ-16 приступило, не ожидая утверждения технического проекта, и закончило их в 1962 г.

АПЛ водоизмещением 5197 т и длиной 106,9 м имела двухкорпусную архитектуру. Первые три отсека прочного корпуса (ПК) были выполнены в форме двух цилиндров, расположенных один над другим (форма «восьмерки»), с радиусами 2950 мм. Подобная архитектура ПК позволила разместить в междубортном пространстве в этом районе 10 контейнеров для крылатых ракет «Аметист» (по 5 контейнеров побортно). Начиная с четвертого отсека ПК имел цилиндрическую форму диаметром 9000 мм, а в кормовой части – коническую.

Конструкция наружного корпуса была выполнена по традиционной схеме с круговой формой в поперечном сечении. Кормовой оконечности с целью повышения пропульсивных характеристик была придана форма так называемой «раздвоенной кормы».

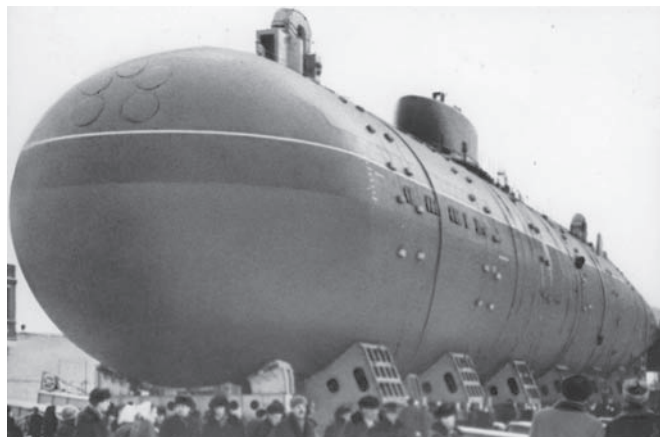
Прочный корпус АПЛ состоял из девяти отсеков. В первом отсеке распо-

лагались четыре торпедных аппарата и запасные торпеды, во втором и третьем отсеках – жилые помещения, две группы аккумуляторных батарей, посты управления гидроакустикой и ракетным вооружением. Центральный пост находился в четвертом отсеке. В пятом отсеке располагалась атомная паропроизводящая установка «В-5», а в шестом отсеке – две автономные паротурбинные установки. В седьмом–девятом отсеках находились вспомогательные механизмы, оборудование и устройства.

**Строительство и испытания АПЛ.** Главным строителем АПЛ пр. 661 на заводе № 402 (директор – Е. П. Егоров) был назначен П. В. Гололобов. Учитывая особенности работы с титановыми сплавами и с целью повышения культуры производства в цехе № 42, в котором начиналось строительство корабля, была проведена специальная подготовка, направленная в первую очередь на повышение качества изготовления корпуса и корпусных конструкций. По существу, цех стал эталоном для строительства АПЛ из титановых сплавов: чистота на участках сборки и сварки, ежедневная влажная уборка, отсутствие сквозняков при выполнении сварки в среде защитных газов, повышенная освещенность, чистая рабочая одежда и многое другое. Было проведено обучение сборщиков и сварщиков работе с титановыми сплавами, постоянно проводилась их аттестация.

Однако при изготовлении корпусных конструкций из титанового сплава марки 48-ОТЗ возник целый ряд проблем, связанных как с качеством первых партий листов самого титанового сплава, так и спецификой изготовления этих конструкций из нового сплава, прежде всего при выполнении сварочных работ.

Для решения возникающих вопросов приказом председателя Госкомитета по судостроению Б. Е. Бутомы был создан Совет директоров, возглавляемый начальником бюро ЦКБ-16 – главным конструктором Н. Н. Исаниным. Членами Совета были руководители



АПЛ пр. 661 перед спуском на воду, декабрь 1968 г.



**АПЛ К-162 на испытаниях в декабре 1969 г.**

ЦНИИ-45, ЦНИИ-48, ЦНИИ-138, автостроителя и в/ч 27177.

Совет директоров сыграл важную роль в ускорении принятия решений по проектированию, отработке нового титанового сплава и его внедрению в корпусные конструкции АПЛ пр. 661.

Кроме того, для решения всех возникающих при изготовлении корпуса и корпусных конструкций вопросов на заводе была организована постоянно действующая бригада специалистов из представителей служб завода, ЦКБ-16, ЦНИИ-48, ЦНИИ-138 и заказчика.

Следует отметить, что в дальнейшем титановый сплав 48-ОТЗ был усовершенствован и получил название 48-ОТЗВ (ПТ-ЗВ), что позволило практически полностью исключить образование дефектов в сварных швах и околошовной зоне.

В декабре 1963 г. состоялась официальная закладка АПЛ на стапеле цеха № 42. В 1964 г. были проведены гидравлические испытания второго блока, а в 1965 г. первого и третьего блоков прочного корпуса корабля. Начались монтажные работы по установке механизмов, оборудования и систем корабля. В декабре 1968 г. был торжественно проведен спуск корабля, начались швартовные, заводские, а затем и государственные испытания, на которых в подводном положении при мощности ППУ 90–92% была достиг-

нута скорость 42 уз. Командиром корабля был капитан 1 ранга Ю. Ф. Голубков.

Приемный акт о передаче в состав ВМФ опытной подводной лодки К-162 пр. 661 был подписан ровно полвека назад – 31 декабря 1969 г. Опытная эксплуатация корабля началась в январе 1970 г. и закончилась в декабре следующего года.

За период опытной эксплуатации подводная лодка совершила 11 выходов в море и за 179 суток прошла более 39 тыс. миль, из них более 31 тыс. миль в подводном положении, а также выполнила 655 погружений на различные глубины. В этот же период на одном из выходов при полной мощности установки была достигнута скорость 44,7 уз. Это достижение до настоящего времени не превзойдено ни одной подводной лодкой в мире и достойно быть зарегистрированным в Книге рекордов Гиннесса.

Большой личный вклад в создание АПЛ внесли главные конструкторы проекта Н. Н. Исанин и Н. Ф. Шульженко, их заместители В. В. Борисов, П. И. Семенов, В. А. Положенцев, А. П. Антонович, Е. С. Корсуков, Ф. Г. Дергачев и Б. Е. Пукшанский, а также многие специалисты ЦКБ-16 (ныне АО «СПМБМ «Малахит»). В 1981 г. 13 сотрудников бюро были награждены орденами и медалями за творческое участие в создании этой подводной лодки. Главный кон-

структор Н. Ф. Шульженко награжден орденом Октябрьской Революции. За создание корпусов АПЛ из титановых сплавов заместителю главного конструктора В. В. Борисову в том же году было присвоено звание лауреата Государственной премии СССР.

В 1983 г. после ухода на пенсию Н. Ф. Шульженко решением Минсудпрома обязанности главного конструктора пр. 661 были возложены на главного конструктора АПЛ первого и второго поколений Р. А. Шмакова.

Разработка и внедрение титанового сплава в подводном судостроении и освоение технологии изготовления из него корпуса, механизмов, оборудования и систем АПЛ пр. 661 были выполнены впервые в мировой практике и явились результатом большого творческого труда коллективов ученых, конструкторов, рабочих и служащих многих предприятий судостроительной, металлургической промышленности, атомного энергомашиностроения и других отраслей, а также специалистов ВМФ.

АПЛ пр. 661 своими новаторскими решениями, и прежде всего, применением титана, высокой степенью автоматизации (на тот период), высокими скоростными и маневренными характеристиками оставила яркий след в истории отечественного подводного судостроения.

Благодаря накопленному многолетнему опыту и имеющемуся высокому научно-техническому потенциалу коллектив АО «СПМБМ «Малахит» и в настоящее время вносит достойный вклад в создание современных образцов подводной техники в обеспечение национальной безопасности нашей страны.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Дергачев Ф. Г.* Первая в мире титановая высокоскоростная подводная лодка проекта 661. – СПб.: Гангут, 1998.
2. История Санкт-Петербургского морского бюро машиностроения «Малахит». – В 4-х т. – Т. 2: Центральное конструкторское бюро № 16 – Центральное проектное бюро «Волна». 1949–1974/Сост. Н. Ф. Шульженко, В. И. Ефимов. – СПб.: СПМБМ «Малахит», 1995.
3. *Крылов В. В.* О проектировании корпусов многоцелевых подводных лодок из высокопрочных сталей и титановых сплавов // Судостроение. – 2006. – № 1.
4. *Палий О. М.* Уверенные шаги в глубины океана. – В сб.: Флагман корабельной науки. – СПб.: ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова, 2005.
5. *Папковский Б. П.* Реакторные установки водо-водяного типа для отечественных АПЛ (эволюция технического прогресса). – М.: Российский научный центр «Курчатовский институт», 2009.
6. *Ушков С. С.* Подводная лодка проекта 661 – первая в мире цельнотитановая субмарина. – В сб.: По пути создания. – СПб.: ФГУП «ЦНИИ КМ «Прометей», 2009. ■



**Участники создания АПЛ проекта 661. Нижний ряд, слева направо: В. И. Ефимов, В. В. Борисов, Н. Н. Исанин, Н. Ф. Шульженко, В. В. Осипов. Верхний ряд, слева направо: Ф. И. Маслов, П. И. Семенов, Б. Е. Пукшанский, С. П. Катков, Ф. Г. Дергачев**



**В** настоящее время на ряде судостроительных и судоремонтных предприятий нашей страны, оснащенных в 60-е – 70-е гг. прошлого века передаточными плавучими доками, идет подготовка к реконструкции их с целью расширения возможностей, в том числе с заменой существующих спускоподъемных сооружений новыми. Такое обновление спускоподъемных сооружений обусловлено не только приближающимся окончанием срока службы существующих передаточных плавучих доков, но и произошедшим за полвека изменением характеристик спускаемых и ремонтируемых кораблей и судов, а также способов их строительства и ремонта. При этом учитывается многолетний опыт использования и совершенствования этих плавучих сооружений.

Во второй половине XX в. в нашей стране была признана предпочтительной установка металлического передаточного плавучего дока на береговую и мористую опоры с обеспечением продольной накатки на него судна по рельсовым путям с помощью судовозных тележек. Такой способ использовался в России с конца XIX в. и получил за границей название «русского метода». Этот метод и был реализован в процессе оснащения крупнейших предприятий судостроительной промышленности нашей страны металлическими передаточными плавучими доками. Только построенные для судоремонтного завода «Нерпа» и дальневосточного завода «Звезда» два плавучих дока «Паллада» и «Торос», имеющих композитный корпус, состоящий из металлических башен и железобетонного понтона, для прочности пришлось устанавливать на «жесткое основание», состоящее из группы подводных опор.

За последние годы были апробированы новые способы спуска судов на воду, а также созданы доки новых архитектурно-конструктивных компоновок, используемых для их реализации, в том числе четырехбашенные плавучие доки «Атлант» и «Вымпел», обеспечивающие спуск судов на воду без опирания этих сооружений на береговые или подводные опоры [1].

В ряде случаев при создании новых спускоподъемных сооружений к ним предъявляются требования об увеличении грузоподъемности, а иногда и габаритов спускаемых судов, но при сохранении на этих предприятиях береговых и гидротехнических сооружений. Такой подход, ограничивающий размерения новых передаточных плавучих доков размерениями существующих, значительно усложняет их создание, поскольку очевидно, что увеличение грузоподъемности плавучего дока при сохранении размерений может быть достигнуто только за счет снижения его собствен-

## АНАЛИЗ МАТЕРИАЛОЕМКОСТИ ПЛАВУЧИХ ДОКОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ СПУСКА СУДОВ НА ВОДУ И ПОДЪЕМА С ВОДЫ НА БЕРЕГ

*А.Г. Смирнов, д-р техн. наук, зам. гл. конструктора АО «ЦМКБ «Алмаз», контакт. тел. (812) 373 0292*

ного водоизмещения. Поэтому вопрос материалоемкости таких плавучих судоподъемных сооружений становится особо актуальным.

Если рассмотреть состав нагрузки масс металлических передаточных плавучих доков, то следует отметить, что наиболее крупными ее составляющими являются «корпус» – 73–79%, «устройства» – 6–10%, «системы» – 4–6%, а остальные составляющие, в том числе средства энергообеспечения и обеспечения обитаемости, не превышают 1–3% от водоизмещения дока порожнем [2]. Поскольку уменьшить состав и, соответственно, массу средств механизации основных технологических процессов и операций, выполняемых этими доками при накатке на них судов и их балластировке при этом практически невозможно без нарушения или снижения безопасности этих операций, рассматривать это не имеет смысла. Единственной значительной составляющей нагрузки масс, за счет которой можно реально снизить водоизмещение передаточного плавучего дока, является «корпус».

При этом результат может быть достигнут разными способами, но всегда должна учитываться стоимость достижения этой цели.

Одним из путей снижения массы корпусных конструкций может быть применение сталей повышенной прочности. Однако этот путь не всегда может дать результат. Так, например, для плавучих доков малой и средней грузоподъемности, как правило, достаточно применения сталей нормальной прочности, поскольку регламентируемых Правилами Российского морского регистра судоходства минимальных толщин связей достаточно для обеспечения прочности конструкций корпуса при всех режимах эксплуатации, и применение сталей повышенной прочности не имеет смысла, поскольку не дает снижения массы корпуса.

За счет замены сталей нормальной прочности сталями повышенной прочности или сталей повышенной прочности аналогичными сталями более высокой категории можно снизить массу корпусных конструкций с учетом надбавок на коррозию на плавучих доках средней

грузоподъемности примерно на 5–6%. При этом стоимость корпусных сталей возрастает на 6–8% и даже на 15–20% в зависимости от категорий этих сталей.

Другим путем снижения массы корпуса плавучего дока является рациональное распределение материала его корпусных конструкций, достигаемое за счет архитектурно-конструктивной компоновки и соотношения размеров корпуса дока без замены материала.

Известно, что для плавучих доков, независимо от их конструктивного типа и назначения, основным критерием, характеризующим эффективность при эксплуатации, традиционно является отношение водоизмещения дока порожнем к его грузоподъемности.

Поэтому рассмотрим характеристики эксплуатирующихся в нашей стране средних и крупных передаточных плавучих доков различной архитектурно-конструктивной компоновки, а также различные способы их использования и взаимодействия с береговыми и гидротехническими сооружениями в процессе выполнения спусковой операции (табл.1).

Передаточные плавучие доки, представленные в этой таблице, построены в различный период на разных отечественных судостроительных предприятиях и за рубежом. Среди них – традиционные металлические двухбашенные монолитные (рис. 1) и понтонные (рис. 2) плавучие доки, а также появившиеся в последние годы в нашей стране четырехбашенные (рис. 3). Для сопоставления с металлическими доками также представлен двухбашенный композитный плавучий док.

Закономерно, что наибольшее значение отношения водоизмещения дока порожнем к грузоподъемности имеет композитный плавучий док, которое почти в два раза больше, чем у металлических. Поэтому очевидно, что при замене металлических передаточных плавучих доков с увеличением их грузоподъемности рассматривать композитные доки не имеет смысла, а вот замена композитных плавучих доков с увеличением их грузоподъемности металлическими является одним из наиболее предпочтительных вариантов.

## Основные характеристики и оценка материалоемкости передаточных плавучих доков

| Характеристика   | Номер проекта (название)                      |  |   |   |   |                                 |
|--|---|--|---|---|---|---------------------------------|
|  | 1779 («Луга»)                                 | P12840 («Атлант»)  | 1769 («Балтика»)                              | 19371 («Паллада»)                                       | 2121 («Сухона»)                               | SC9157 («Вымпел»)               |
| Страна-строитель   | СССР  | Россия   | СССР  | Украина   | СССР  | Китай                           |
| Материал корпуса   | Металл  | Металл   | Металл  | Композит  | Металл  | Металл                          |
| Архитектурный тип  | 2-башенный монолитный                         | 4-башенный монолитный                                    | 2-башенный понтонный                          | 2-башенный монолитный                                   | 2-башенный монолитный                         | 4-башенный монолитный           |
| Грузоподъемность при спуске судов, т   | 4700  | 5000   | 9500  | 13500   | 25000   | 40000                           |
| Длина стапель-палубы, м  | 92,8  | 130,0  | 150,0   | 144,0   | 175,0   | 280,0                           |
| Ширина стапель-палубы, м   | 27,4  | 31,4   | 31,0  | 38,8  | 28,0  | 52,0                            |
| Высота до топ-палубы, м  | 20,4  | 19,1   | 18,7  | 26,85   | 26,8  | 29,0                            |
| Высота понтона, м  | 5,4   | 7,3  | 4,9   | 7,0   | 7,85  | 12,0                            |
| Высота кильблоков, м   | 1,4   | 2,0  | 1,6   | 1,5   | 1,5   | 1,8                             |
| Глубина над кильблоками, м   | 11,0  | 8,8  | 10,6  | 13,0  | 13,3  | 12,2                            |
| Мощность электростанции, кВт   | 1100  | 720  | 1900  | 2300  | 7 600   | 5430                            |
| Производительность котельной установки, т/ч  | 5,0   | Нет  | 6,0   | 12,6  | 30,0  | Нет                             |
| Грузовые краны, кол.шт   | 2×5   | Нет  | 2×15  | 2×20  | 2×25  | Нет                             |
| Основные разделы нагрузки масс, т:   |   |  |   |   |   |                                 |
| корпус   | 4418  | 5443   | 7884  | 24 960  | 14 874  | 37 700                          |
| устройства   | 431   | 96   | 1566  | 610   | 2810  | 315                             |
| системы  | 200   | 110  | 276   | 541   | 659   | 716                             |
| энергетическая установка   | 42  | 2  | 46  | 56  | 88  | 131                             |
| электроэнергетическая система  | 183   | 24   | 282   | 425   | 918   | 1050                            |
| Водоизмещение дока порожнем, т   | 5929  | 6655   | 9657  | 27 950  | 19 913  | 42 000                          |
| Отношение водоизмещения дока к его грузоподъемности при спуске судов                         | 1,159   | 1,331  | 1,016   | 2,070   | 0,797   | 1,050                           |
| Измеритель массы корпусных конструкций дока металлических (железобетонных), т/м <sup>3</sup> | 0,129   | 0,159  | 0,134   | 0,157 (0,317)   | 0,128   | 0,161                           |
| Примечание   | Установка дока при накатке судна на три опоры | Погрузка краном блоков массой до 300 т на плавучую опору | Установка дока при накатке судна на две опоры | Установка дока при накатке судна на «жесткое» основание | Установка дока при накатке судна на две опоры | Безопорная накатка судна на док |

Отношение водоизмещения порожнем к грузоподъемности металлических четырехбашенных плавучих доков существенно превышает величину этого отношения у двухбашенных доков. При этом насыщенность четырехбашенных плавучих доков техническими средствами существенно меньше, чем у двухбашенных, так как у них отсутствуют грузовые краны и котельная установка, а также ряд технологических систем и устройств. Это также видно по составу основных разделов нагрузки масс. Так, масса раздела «корпус» у плавучих доков «Атлант» и «Вымпел» составляет 84% и 90% от их водоизмещения порожнем соответственно, у традиционных двухбашенных передаточных плавучих доков – 74–79% (см. табл. 1). Масса корпуса традиционных металлических двухбашенных плавучих доков различного назначения (ремонтных, передаточных, транспортных, специальных) составляет 58–82% от водоизмещения дока порожнем [2]. Такая разница значе-

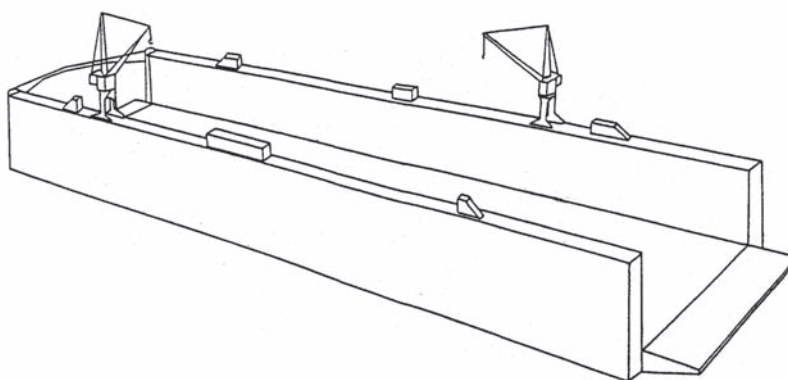


Рис. 1. Двухбашенный монолитный плавучий док

ний массы корпуса объясняется величиной наиболее объективного показателя материалоемкости корпуса металлических плавучих доков – измерителя массы корпусных конструкций плавучего дока, основной частью которых являются масса понтона и башен:

$$p_{пб} = P_{пб} / V_{пб}, \quad (1)$$

где  $p_{пб}$  – измеритель массы корпусных металлоконструкций понтона и башен, т/м<sup>3</sup>;  $P_{пб}$  – масса понтона и башен, т;  $V_{пб}$  – объем понтона и башен, м<sup>3</sup>.

В результате исследований влияния формы корпуса традиционных двухбашенных плавучих доков было выявлено, что на величину измерителя массы



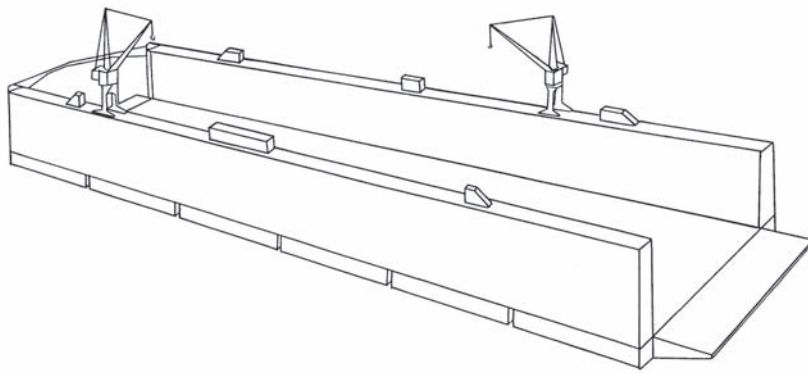


Рис. 2. Двухбашенный понтонный плавучий док

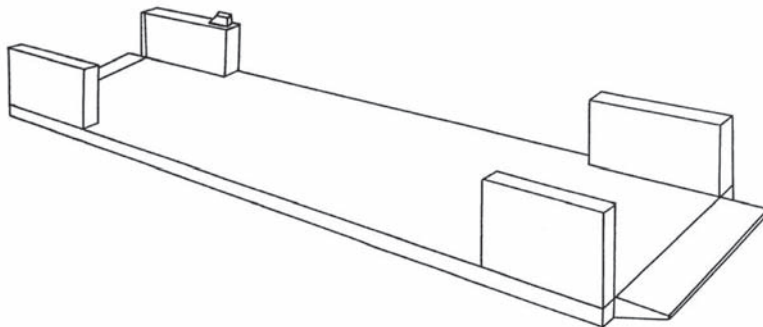


Рис. 3. Четырехбашенный монолитный плавучий док

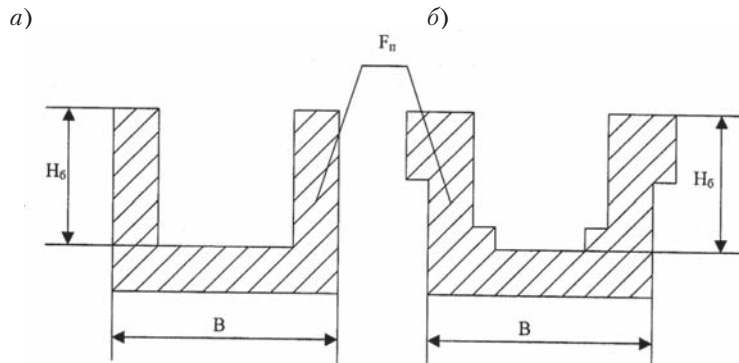


Рис. 4. Поперечное сечение корпуса плавучего дока: а – традиционное; б – сложной конфигурации

корпусных конструкций плавучих доков при реальных внешних нагрузках и традиционно используемых корпусных материалах основное влияние оказывают конфигурация и соотношение размеров поперечного сечения корпуса дока – ширина и высота башен, ширина и высота понтона [3]. При этом в качестве обобщенного показателя, характеризующего соотношения элементов поперечного сечения корпуса дока, принята условная приведенная ширина корпусных конструкций

$$b = F_{\text{п}} / (B + 2 H_0), \quad (2)$$

где  $b$  – условная приведенная ширина корпусных металлоконструкций понтона и башен плавучего дока, м;  $F_{\text{п}}$  – площадь поперечного сечения корпуса плавучего дока, м<sup>2</sup> (рис. 4);  $B$  – ширина дока, м;  $H_0$  – высота башни дока, м.

Соотношение, характеризующее рациональность распределения материала,

справедливо для плавучих доков любого назначения и конфигурации корпуса [3]. Поэтому в табл. 2 приведены характеристики нескольких металлических ремонтных плавучих доков, монолитных и понтонных. Сопоставление измерителей массы корпусных конструкций двухбашенных монолитных и понтонных плавучих доков, а также монолитных четырехбашенных, построенных из металла с пределом текучести 294 МПа, в зависимости от условной приведенной ширины представлено на рис. 5.

Значительную разницу измерителей массы корпусных конструкций монолитных четырехбашенных плавучих доков по сравнению с монолитными двухбашенными на 20–25% можно объяснить отсутствием башен в средней части дока, что приводит к нерациональному распределению материала и, как следствие, общему увеличению массы корпусных конструкций.

Таким образом, можно сделать вывод об избыточной материалоемкости четырехбашенных плавучих доков как судоподъемных сооружений в общем, так и использующихся для спуска судов на воду и подъема их с воды на берег, в частности.

Измерители массы корпусных конструкций монолитных двухбашенных плавучих доков на 10–15% меньше по сравнению с измерителями понтонных двухбашенных. Это объясняется более рациональным распределением металла по поперечному сечению монолитных доков: в восприятии нагрузки от продольного изгибающего момента при постановке судна у понтонных доков участвуют только конструкции башен, а у монолитных – конструкции башен и понтона. Поэтому в конструкции башен понтонных доков приходится «вкладывать» больше металла, чем в монолитные.

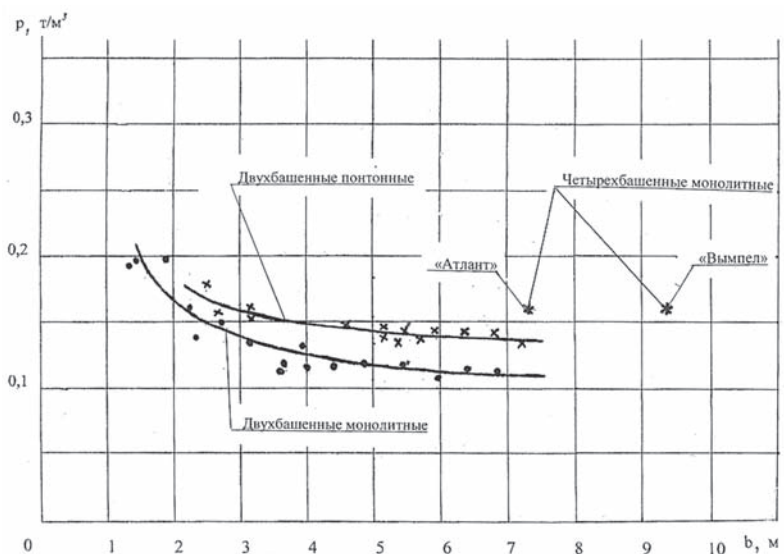


Рис. 5. Зависимость измерителя массы корпуса плавучего дока от условной приведенной ширины

## Основные характеристики и оценка материалоемкости ремонтных плавучих доков

| Характеристика   | Номер проекта        |                      |                       |                       |                      |                      |
|--|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|
|  | 912                  | 1778                 | 122А                  | 1759                  | В960                 | 10-12                |
| Страна-строитель   | СССР                 | СССР                 | СССР                  | СССР                  | Польша               | Югославия            |
| Материал корпуса   | Металл               | Металл               | Железобетон           | Металл                | Металл               | Металл               |
| Архитектурный тип  | 2-башенный понтонный | 2-башенный понтонный | 2-башенный монолитный | 2-башенный монолитный | 2-башенный понтонный | 4-башенный понтонный |
| Грузоподъемность при спуске судов, т   | 4000                 | 4500                 | 6000                  | 12000                 | 20000                | 29300                |
| Длина стапель-палубы, м  | 101,0                | 100,0                | 131,8                 | 153,6                 | 186,25               | 230,95               |
| Ширина стапель-палубы, м   | 21,6                 | 23,3                 | 22,5                  | 27,8                  | 45,0                 | 40,0                 |
| Высота до топ-палубы, м  | 12,3                 | 12,3                 | 14,6                  | 14,2                  | 22,6                 | 20,35                |
| Высота понтона, м  | 3,3                  | 3,3                  | 4,7                   | 4,0                   | 5,4                  | 5,55                 |
| Высота кильблоков, м   | 1,3                  | 1,4                  | 1,2                   | 1,4                   | 1,8                  | 1,4                  |
| Глубина над кильблоками, м   | 5,6                  | 6,1                  | 7,0                   | 7,8                   | 8,5                  | 11,0                 |
| Мощность электростанции, кВт   | 510                  | 495                  | 1540                  | 100                   | 2780                 | 1900                 |
| Производительность котельной установки, т/ч  | 2,0                  | 2,0                  | 3,0                   | 3,5                   | 8,0                  | 3,0                  |
| Грузовые краны, кол.хт   | 1х5                  | 2х5                  | 2х5                   | 2х15                  | 2х15+10              | 2х20                 |
| Основные разделы нагрузки масс, т:   |                      |                      |                       |                       |                      |                      |
| корпус   | 2190                 | 2170                 | 8490                  | 4053                  | 9490                 | 11 480               |
| устройства   | 196                  | 280                  | 415                   | 803                   | 1410                 | 1490                 |
| системы  | 109                  | 129                  | 159                   | 280                   | 740                  | 875                  |
| энергетическая установка   | 21                   | 29                   | 41                    | 48                    | 90                   | 76                   |
| электроэнергетическая система  | 70                   | 82                   | 78                    | 141                   | 409                  | 526                  |
| Водоизмещение дока порожнем, т   | 2630                 | 2772                 | 10 670                | 5500                  | 13140                | 15 240               |
| Отношение водоизмещения дока к его грузоподъемности при спуске судов                         | 0,658                | 0,616                | 1,788                 | 0,458                 | 0,657                | 0,520                |
| Измеритель массы корпусных конструкций дока металлических (железобетонных), т/м <sup>3</sup> | 0,151                | 0,154                | 0,267                 | 0,109                 | 0,146                | 0,143                |

В результате проведенного анализа материалоемкости передаточных плавучих доков, которые эксплуатируются в нашей стране и часть из которых предстоит заменить новыми, увеличенной грузоподъемности, при существующих ограничениях гидротехнических сооружений, можно сделать следующие выводы:

- при замене металлического передаточного плавучего дока новым с увеличенной грузоподъемностью или без нее рассматривать композитный плавучий док не имеет смысла;
- при замене композитного плавучего дока новым с увеличением его грузоподъемности наиболее предпочтительны металлические плавучий док;
- при увеличении грузоподъемности нового передаточного плавучего

дока по сравнению с существующим доком за счет замены корпусной стали на сталь более высокой категории обязательно следует учитывать существенное увеличение стоимости корпуса;

- использование монолитного двухбашенного передаточного плавучего дока вместо понтонного всегда выгоднее;
- монолитные четырехбашенные плавучие доки имеют избыточную материалоемкость по сравнению с двухбашенными;
- выбору архитектурно-конструктивной компоновки при постройке нового передаточного плавучего дока должно предшествовать углубленное технико-экономическое исследование создания береговых и гид-

ротехнических сооружений, которые зависят от принципа использования и схемы установки дока на акватории, а также изменения при этом его характеристик, в том числе материалоемкости.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Смирнов А. Г. Использование плавучих доков для спуска судов на воду и подъема с воды на берег // Морской вестник. – 2018. – № 3(67). – С. 43–48.
2. Петраков Л. А., Смирнов А. Г. Анализ нагрузки масс металлических плавучих доков. – Тр. ЛКИ: Оптимизация характеристик проектируемых судов, 1984, с. 81–84.
3. Петраков Л. А., Смирнов А. Г. Влияние конфигурации корпуса металлического плавучего дока на его массу // Судостроение. – 1987. – № 4. – С. 11–12. ■



**С**редне-Невский судостроительный завод (входит в АО «Объединенная судостроительная корпорация») – одно из ведущих предприятий судостроительной отрасли России, лидер отечественного композитного судостроения. Основанный в Петербурге в 1912 г. на берегу Невы завод за столетие своей истории превратился в крупное, современное, высокотехнологичное предприятие, со стапелей которого было спущено более 600 кораблей и судов по 47 проектам для отечественного флота и нужд иностранного заказчика.

### ОБОРОННЫЙ ЗАКАЗ

Средне-Невский судостроительный завод (СНСЗ) – лидер композитного судостроения в России и один из ведущих строителей кораблей противоминной обороны на мировом рынке. Сегодня на производственных мощностях Средне-Невского судостроительного завода развернуто серийное строительство кораблей пр. 12700 «Александрит». Это не просто корабли, осуществляющие траление мин, а многофункциональные высокотехнологичные платформы, способные совмещать функции тральщика и минного охотника.

Отличительной особенностью проекта «Александрит» является корпус – стеклопластиковый монолит, сформированный по современной технологии изготовления методом вакуумной инфузии. Масса такого корпуса значительно ниже металлического, что позволяет снизить расход топлива. При этом значительно увеличивается его прочность. Такому корпусу не страшна коррозия, а срок службы при соблюдении норм эксплуатации практически неограничен.

Головной заказ – корабль «Александр Обухов» – предприятие сдало в 2016 г. В конце 2018 г. в городе Балтийск состоялась церемония передачи первого серийного корабля линейки пр. 12700 тральщика «Иван Антонов». Производственная программа СНСЗ предполагает передачу в этом году ВМФ РФ второго серийного корабля «Владимир Емельянов». Еще два «Александрита» планируется передать флоту в 2020 г. На сегодняшний день между АО «СНСЗ» и Министерством обороны РФ подписаны контракты на строительство семи кораблей пр. 12700 с финансированием до 2022 г. Планируется, что завод будет строить и сдавать заказчику два противоминных корабля в год.

### ГРАЖДАНСКИЙ ФЛОТ БУДУЩЕГО

Наравне с выполнением государственного оборонного заказа СНСЗ ведет активную работу по развитию своих компетенций в области гражданского

## СРЕДНЕ-НЕВСКИЙ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД - ВЕРФЬ БУДУЩЕГО

АО «СНСЗ»,  
контакт. тел. (812) 648 3086



*Корабль пр. 12700 «Александрит»*

судостроения. Предприятие завершило строительство и передало заказчику три многоцелевых катера пр. Р1650 «Рондо». Это судно предназначено для выполнения задач патрульно-инспекционной службы, несения дежурства в назначенных районах, доставки и снятия спецперсонала с судов, подлежащих досмотру, перевозки групп персонала, грузов, спасения людей в районах несения дежурств. Пр. Р1650 – универсальный, обладает множеством вариантов применения и широкими возможностями для модификации под любые задачи.

Пассажирский катамаран пр. 23290 – яркий пример применения компетенций работы с композитными материалами в гражданском судостроении. Судно этого проекта предназначено для пассажирских перевозок на дистанции до 1000 км по внутренним во-

доемам и прибрежным районам морей. Пассажировместимость катамарана – 150 человек. В минувшем году опытное судно линейки пр. 23290 – пассажирский катамаран «Грифон» – уже второй сезон подряд работает на одной из скоростных линий Санкт-Петербурга, получив множество положительных отзывов как от пассажиров, так и от судоводителей. Образ скоростного судна с современным, запоминающимся дизайном, стремительно ворвавшийся в привычные панорамы Невы, не оставил равнодушным никого. Сейчас СНСЗ ведет переговоры с потенциальными заказчиками о строительстве серии судов пр. 23290 и его модификаций. Свой интерес к инновационному пассажирскому катамарану проявили не только отечественные туроператоры и судовладельцы, но и перевозчики из Кубы и Греции.



*Многоцелевой катер пр. Р1650 «Рондо»*



*Пассажирский катамаран «Грифон» пр. 23290*

Еще одной перспективной разработкой СНСЗ является пассажирский теплоход пр. А45-90.2. Это однокорпусное судно с тремя пассажирскими палубами, рестораном, прогулочной палубой и рулевой рубкой, расположенной в носовой части, с кормовым расположением машинного отделения, трехвальной дизельной энергетической установкой. Судно предназначено для перевозки 250 пассажиров в комфортабельных каютах на маршрутах протяженностью до 5000 км. В отличие от теплоходов предыдущих поколений судно отвечает современным требованиям к комфорту пассажиров и членов экипажа, уровню отделки жилых помещений и безопасности. На судне предполагается организация групп кают нескольких классов – стандарт, полулюкс, люкс и кают для пассажиров с ограниченными возможностями. Сейчас СНСЗ активно ведет переговоры с представителями потенциальных заказчиков о строительстве серии судов пр. А45-90.2.

### **НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ**

Средне-Невский судостроительный завод продолжает расширять область своих компетенций и применяет свой инновационный опыт в несвойственных областях. В 2018 г. предприятие открыло для себя совершенно новый вид деятельности – завод активно включился в работы над проектом госкорпорации «Росатом». Речь идет о совершенно новой отрасли в России – строительстве системы ветроэлектростанций. В рамках этого проекта СНСЗ занимается изготовлением обтекателей и гондол для будущих ветроэнергетических ус-

тановок. При их создании предприятие применяет свои самые совершенные технологии и многолетний опыт работы с композитными материалами.

Создание инновационной продукции невозможно без обновления основных производственных мощностей. Начиная с 2014 г. на СНСЗ реализуется программа глубокой модернизации, которая завершается в текущем году. Работы по модернизации были развернуты практически на всех стратегических объектах завода, благодаря чему производственную мощность предприятия удалось увеличить более чем втрое. Модернизация коснулась всех цехов, складских помещений, станкового парка, а также судового спуско-подъемного устройства, которое многие годы было «узким местом» в производственной цепочке. После модернизации современный спуско-подъемный судовый комплекс позволил заводу строить и спускать на воду корабли и суда длиной до 110 м, шириной до 16 м, осадкой до 4,5 м и спусковым весом до 2700 т.

Основополагающий принцип, которому привержен СНСЗ в процессе организации работ – это принцип компактности. Все основные производственные операции, начиная от заготовки материалов и заканчивая финальным монтажом изделия на готовом заказе на этапе достройки, ведутся под одной крышей. Это позволяет экономить время и оптимизировать логистику.

### **ОТКРЫВАЯ ЭПОХУ ЦИФРОВИЗАЦИИ**

В 2018 г. на базе СНСЗ началась активная работа по реализации кон-

цепции «Цифровая верфь». Это пилотный проект, основная цель которого – создание цифровой платформы, представляющей собой систему информационного и программного обеспечения бизнес-процессов судостроительного производства на базе передовых производственных технологий. Кроме СНСЗ в разработке концепции «Цифровая верфь» задействовано около 14 компаний. Реализация такого сложного и наукоемкого проекта на предприятии в очередной раз демонстрирует инновационный потенциал предприятия.

Сегодня СНСЗ – единственное в стране предприятие, освоившее строительство кораблей и судов с применением четырех видов материалов: композитных, судостроительной стали, алюминий-магниевого сплава и маломагнитной стали. Именно здесь освоена современная технология изготовления корпусов из композитных материалов методом вакуумной инфузии.

Коллектив завода насчитывает около 1800 человек, в том числе подготовлено более 100 высококвалифицированных специалистов по композитным материалам. Высокий профессиональный уровень специалистов и рабочих, освоение передового опыта и активное внедрение инновационных технологий в производство – эти характерные черты делают Средне-Невский судостроительный завод безусловным флагманом в своей отрасли. Предприятие является надежным партнером, нацеленным на долгосрочное, стабильное и взаимовыгодное сотрудничество. ■



**В** настоящее время в составе ВМФ России находятся в эксплуатации более 70 кораблей и судов иностранной постройки и их модификаций, срок службы которых составляет 28 лет и более. Последние корабли были введены в состав ВМФ России в 1991 г. Учитывая темпы обновления корабельного состава ВМФ, эти корабли и суда будут эксплуатироваться еще довольно продолжительное время.

В связи с этим работоспособность средств автоматизации кораблей и судов иностранной постройки, влияющая на взрывопожаробезопасность и навигационную безопасность, должна поддерживаться в процессе сервисного обслуживания или ремонта в обеспечение дальнейшей эксплуатации. При этом исполнители сервисного обслуживания и ремонта сталкиваются со следующими проблемами: отсутствием запасных частей (ЗИП) и комплектующих изделий вследствие снятия их с производства, а также конструкторской документации на изделия и их составные части, отсутствием ремонтной документации на изделия. Кроме того, влияет и санкционная политика в отношении Российской Федерации.

Средства автоматизации, которыми оснащены корабли и суда иностранной постройки, технически и морально устарели и в связи с этим в настоящее время сняты с производства иностранными фирмами, прекращено производство комплектующих изделий, на складах технических управлений флотов запасы ЗИП исчерпаны. Возможна закупка комплектующих изделий, хранящихся в том числе за пределами Российской Федерации, применение которых в дальнейшем осуществляется в соответствии с «Решением о порядке применения запасных частей, комплектующих изделий, снятых с производства...». Это требует дополнительных затрат, как финансовых, так и временных. Специализированные ремонтные предприятия в такой ситуации вынуждены применять аналоги зарубежных комплектующих изделий, подбор которых из-за отсутствия или недостаточности сведений об их технических характеристиках затруднен. Кроме того, для установки аналога нередко требуется его доработка.

Отсутствие или недостаточность сведений о технических характеристиках импортных изделий особенно характерно для электрорадиоизделий (ЭРИ). Поиск в различных справочниках или в интернете не всегда приводит к положительному результату.

Для некоторых изделий аналогов в настоящее время не существует. Так,

## **АНАЛИЗ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СИСТЕМ ДИСТАНЦИОННОГО АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ГЛАВНЫХ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ, ОБЩЕКорабельных СИСТЕМ НА КОРАБЛЯХ ИНОСТРАННОЙ ПОСТРОЙКИ**

**В.Л. Кудинов**, начальник сектора АО «51 ЦКТИС»,  
контакт. тел. (812) 315 4945

например, отсутствуют аналоги пневматических преобразователей уровня мембранных типа А108, установленных в системе контроля уровня пресной воды УКР 13 судна пр. В320/II. Аналоги некоторых типов микросхем, примененных в системе «Урсат-4100», аналоги тиристорных блоков выпрямителей тока гребных установок килекторов корабля пр. 141 постройки ГДР также отсутствуют. В том случае, если подобран отечественный или импортный аналог комплектующего изделия, подходящий по своим основным техническим характеристикам для замены вышедшего из строя, то в большинстве случаев требуется доработка места его установки с выпуском конструкторской документации, что связано с дополнительными затратами, временными и материальными. Если для замены светосигнальной арматуры, кнопок, переключателей и т.п. доработка панелей пультов, щитов минимальна, то замена реле типа R15-M, реле времени типа mRTe-40, RTa-61, RTB-01, применяемых в системах дистанционного автоматизированного управления главных двигателей и дизель-генераторов (ДАУ ГД, ДАУ ДГ) на судах польской постройки (пр. 775, пр. В320/II, пр. 864 и др.), реле RELOG на судах постройки ГДР (пр. 141, пр. 145 и др.) потребуются доработка места установки и электромонтажа, так как аналоги имеют другие габариты, крепление и подсоединение проводов внешнего электромонтажа. В составе отчетной документации кораблей и судов иностранной постройки конструкторская документация на оборудование систем автоматизации в полном объеме не передавалась. Как правило, в объем такой документации входили: технические описания; схемы электрические принципиальные; схемы подключения; спецификации систем,

пультов, щитов; габаритные чертежи оборудования, таблицы уставок датчиков, перечни контролируемых параметров. Для разработки конструкторской документации на доработку приборных этих материалов недостаточно и требуется проведение эскизирования на корабле.

Вносить изменения в конструкторскую документацию на комплектующие изделия может предприятие-держатель подлинников (ГОСТ 2.503, ГОСТ 2.603, ГОСТ РВ 15.701), которым в большинстве случаев является предприятие-изготовитель. В настоящее время вопрос правомочности внесения изменений в комплектующие изделия зарубежного производства организациями, выполняющими сервисное обслуживание или ремонт, не определен. В соответствии с решением заместителя министра обороны РФ от 16.07.2014 г. функции проектанта кораблей и судов иностранной постройки возложены на АО «51 ЦКТИС». Все вопросы, связанные с авторским надзором, модернизацией корабля, заменой комплектующих изделий, находятся в его ведении. Но это решение не отражает порядок и организацию работ по внесению изменений в комплектующие изделия. Данный вопрос уже рассматривался в январе 2017 г. на межотраслевом совещании по проблемным вопросам сервисного обслуживания, ремонта и проведения модернизации на кораблях (судах) ВМФ иностранной постройки с участием представителей промышленности и командования ВМФ России. По результатам совещания предприятия, головные исполнители Государственного оборонного заказа (ГОЗ) должны были подать предложения по номенклатуре судового оборудования, предприятия-разработчики которого отсутствуют, а также по выбору правопреемников предприятий-разработ-

чиков. Однако никаких предложений головными исполнителями ГОЗ подано не было. Исполнители сервисного обслуживания и ремонта кораблей и судов иностранной постройки стараются согласовать замену зарубежных комплектующих с АО «51 ЦКТИС», что не является функцией проектантов корабля. Возложение этих функций на АО «51 ЦКТИС» невозможно вследствие отсутствия соответствующей технической, документальной базы, соответствующих специалистов. Необходимо совместное решение Минобороны и Минпромторга России, в котором должны быть определены профильные предприятия, которые сопровождают изделия импортного производства на всем этапе жизненного цикла и которые будут правомочны вносить изменения в изделия иностранного производства.

Анализ ремонтных ведомостей, составленных личным составом кораблей иностранной постройки, актов дефектации, результатов выполненных заводских ремонтов средств автоматизации говорит о том, что их работоспособное состояние восстанавливается путем замены вышедших из строя узлов, деталей, комплектующих изделий, т.е. проводится текущий ремонт или ремонт по техническому состоянию (определение видов ремонта по ГОСТ 18322–2016). Причем по объему выполненных работ эти ремонты могут быть близки к среднему ремонту. Подход к ремонту средств автоматизации по техническому состоянию может применяться, но, учитывая срок службы изделий и их комплектующих (28 лет и более), вероятен выход из строя после проведенного ремонта комплектующих, работоспособных на момент ремонта. В авиации есть определенный опыт эксплуатации агрегатов систем автоматического управления (САУ) двигателями самолетов и вертолетов по техническому состоянию с контролем уровня безотказности. Но для перехода на систему эксплуатации САУ двигателями самолетов и вертолетов по техническому состоянию с контролем уровня безотказности был выполнен целый комплекс мероприятий, включающий в себя:

- организацию и обеспечение сбора, обработки и анализа информации о САУ, находящихся в эксплуатации;
- расчетно-экспериментальный анализ показателей безотказности САУ;

- оценку возможностей своевременного выявления и предупреждения возникающих неисправностей или отказов САУ;
- анализ экономической эффективности применения системы эксплуатации САУ двигателями по техническому состоянию с контролем уровня безотказности и учетом затрат на техническое оснащение, подготовку кадров и другие подготовительные работы;
- разработку методических указаний о переводе эксплуатации САУ двигателями на эксплуатацию по техническому состоянию с контролем уровня безотказности;
- разработку программы технического обслуживания САУ двигателями при эксплуатации по техническому состоянию.

Переход на данную систему применительно к системам автоматизации кораблей и судов иностранной постройки нецелесообразен ввиду сложности организации и отсутствия экономической эффективности.

Системы автоматизации кораблей и судов иностранной постройки разработаны в 80-х гг. прошлого столетия. Они физически изношены, технически устарели и не соответствуют уровню развития современных систем, построенных на основе микропроцессорной техники. Например, на кораблях пр. P5757 финской постройки установлена комплексная система управления и контроля SELMA-2 фирмы STROMBERG/ABB (Швеция/Финляндия), обеспечивающая управление и контроль всех механизмов и устройств судна из единого центра. Система построена на основе микропроцессорного комплекта 8086/8087 фирмы INTEL (США), сегодня устаревшего. Информация выводится на устаревшие мониторы с электронно-лучевой трубкой. Гибкие магнитные диски с настройками системы размагнитились, и считывание информации с них невозможно.

На ряд кораблей наложены ограничения по использованию систем ДАУ ГД, пультов управления общекорабельных систем (ОКС), систем измерения уровня в танках и т.п. Управление в этих случаях проводится с местных постов управления.

Учитывая изложенное выше, наиболее целесообразно проведение модернизации систем автоматизации кораблей и судов иностранной постройки и, в первую очередь, систем ДАУ ГД, ДГ и ОКС на основе современной микропроцессорной техники.

В настоящее время проведена модернизация системы ДАУ ГД корабля «Цезарь Куников». Модернизация проходила в период заводского ремонта на предприятии «Терем КРЗ Флотски арсенал» в Варне, Болгария. В ходе сервисного обслуживания модернизированы средства автоматического контроля главной энергетической системы корабля «Карелия». В 2012 г. проведена модернизация комплексной системы управления и контроля SELMA-2 судна «Николай Чикер».

При модернизации систем автоматизации должно быть обеспечено:

- сохранение функций и алгоритмов работы систем;
- сопряжение со смежными системами, датчиками и исполнительными устройствами;
- размещение нового оборудования в предусмотренных по проекту корпусных конструкциях.

Проект модернизации должен быть согласован с Федеральным автономным учреждением «Российский морской регистр судоходства» (ФАУ РМРС). Новое оборудование должно соответствовать его требованиям, иметь соответствующие сертификаты РМРС либо других регистров, членов Международной Ассоциации классификационных обществ (МАКО).

Эксплуатация модернизированных систем показала правильность такого подхода к восстановлению работоспособности систем управления. Модернизация систем управления позволила повысить техническую готовность кораблей и судов иностранной постройки, обеспечить дальнейшую безаварийную работу оборудования, снизить нагрузку на личный состав.

Реализованные проекты модернизации систем автоматического управления ГД, ДГ и ОКС можно рассматривать как типовые и на их основе модернизировать системы управления других кораблей и судов аналогичных проектов. Проведение модернизации по единому проекту позволит сократить затраты на разработку других проектов, унифицировать номенклатуру ЗИП для эксплуатации и ремонта.

Целесообразность и необходимость проведения модернизации систем автоматизации устанавливаются на стадии подготовки корабля к ремонту с учетом результатов проведения предремонтной дефектации и с привлечением проектанта корабля. ■



Соосные гребные винты противоположного вращения (СГВ) – наиболее перспективный вид лопастных движителей гидродинамической эффективности их использования. Они могут превосходить\* по КПД одиночные гребные винты (традиционные движители) на 10–12% [1–4]. Таким образом, применение СГВ в качестве движителя на судах гражданского назначения – надежное и действенное средство энергосбережения, которое служит повышению их энергетической эффективности. Вопрос уровня энергетической эффективности судов в последние годы приобрел особую актуальность в связи с решением глобальных задач по предотвращению глобального потепления. Стремление к минимизации влияния человеческой деятельности на парниковый эффект (признанный основным виновником глобального потепления) стало одной из причин введения (чаще всего на международном уровне через документы специализированных организаций ООН) ряда эксплуатационных ограничений в технической сфере (на транспорте, заводах и фабриках, электростанциях). Международная морская организация (International Maritime Organization, IMO) уже ввела для большинства типов судов правила нормирования выбросов углекислого газа на основе сравнения достигаемого индекса (имеется в виду вычисляемый индекс конкретного судна) энергетической эффективности (Attained Energy Efficiency Design Index – EEDI) с требуемым значением Required EEDI [5]. По правилам IMO должно выполняться условие  $Attained\ EEDI \leq Required\ EEDI$ . Благодаря применению СГВ проектировщикам удастся удовлетворить требования IMO по выбросу углекислого газа без снижения скорости хода судов как наиболее доступного в настоящее время способа выполнения предписанных норм.

Преимущества СГВ не ограничиваются высокой энергетической эффективностью. Уменьшенная нагрузка позволяет применять СГВ при меньшей частоте вращения (на 20–25% [4]) по сравнению с одиночными винтами, что обеспечивает снижение шума на докavitационных режимах их работы. Это качество СГВ востребовано уже в настоящее время в связи с появлением международных документов, регламентирующих уровень подводного шума, и

\*Это преимущество справедливо для традиционной компоновки СГВ (т. е. негибридной компоновки) и реализуется, если  $(A_E/A_0) \geq (A_E/A_0)_\Sigma$ , где  $A_E/A_0$  – дисковое отношение одиночного гребного винта,  $(A_E/A_0)_\Sigma$  – суммарное дисковое отношение СГВ. Уменьшение дискового отношения  $A_E/A_0$  на 0,1 по сравнению с  $(A_E/A_0)_\Sigma$  приводит к потере преимущества в КПД приблизительно на 1,5% [5].

\*\*MLIT – Ministry of Land Infrastructure and Transport, NMRI – National Maritime Research Institute of Japan.

## СООСНЫЕ ГРЕБНЫЕ ВИНТЫ В ЗАРУБЕЖНОМ И ОТЕЧЕСТВЕННОМ СУДОСТРОЕНИИ

*А.Р. Тогуляц, канд. техн. наук, инженер,*

*С.Л. Анчиков, зам. ген. директора,*

*АО «Научно-производственное предприятие «Морская техника»,*

*Л.И. Вишневский, д-р техн. наук, проф., гл. науч. сотрудник*

*ФГУП «Крыловский государственный научный центр»,*

*контакт. тел. (812) 327 2802, +7(921) 337 2652*

санитарных норм гражданских судов. Появление этих документов обусловлено заботой об обитателях морской среды, на которых шум судов оказывает отрицательное влияние. Международный совет по изучению моря (International Council for the Exploration of the Sea, ICES) определил требования к шумности для научно-исследовательских судов, работающих для рыбной отрасли [6]. Появились и первые требования в правилах классификационных обществ. Норвежский Веритас (DNV) ввел категорию судов «Silent Class notation» с соответствующими нормирующими кривыми шума в 1/3-октавном спектре для пяти типов судов: суда для акустических работ (Silent-A), суда сейсмического наблюдения (Silent-S), рыболовные суда (Silent-F), исследовательские суда (Silent-R), суда экологического класса (Silent-E) [5, 7].

Не обошла вниманием эту экологическую проблему и IMO. Действующий в ее составе Комитет по защите морской среды (Marine Environment Protection Committee, MEPC) выпустил «Руководство по снижению подводного шума коммерческих судов для решения задачи о неблагоприятных воздействиях на морскую жизнь» [8], которое в настоящее время является добровольным.

Появление этого документа говорит о серьезных намерениях морской общности поставить под контроль шумность коммерческих судов. Как правило, первоначально разрабатываются добровольные руководства или рекомендации по проектированию с указанием определяющих критериев соответствия желательным нормам. Далее следует период апробации критериев с возможным указанием льгот судам, которые удовлетворяют этим критериям. На заключительном этапе внедрения новых критериев в практику проектирования IMO последовательно распространяет требования по их выполнению на суда (транспортные,

рыболовные, научно-исследовательские, специального назначения) в зависимости от различных факторов. К ним относятся готовность судостроительной промышленности, численность судов определенного вида, районы их плавания. Отечественной судостроительной промышленности для обеспечения конкурентоспособности необходимо активно и заблаговременно реагировать на актуальные тенденции развития морской техники и запросы рынка. Применение СГВ – один из путей решения этой сложной инженерной задачи, стоящей на повестке дня перед судостроителями.

К вариантам передачи мощности на СГВ относятся механическая, электро-механическая и электрическая. В настоящее время СГВ широко используются в составе движительно-рулевых колонок (ДРК) с механической передачей мощности рядом ведущих зарубежных фирм по производству движителей (см. таблицу). Данные об использовании ДРК японского производства (MLIT\*\* and NMRI) с электрической передачей мощности на СГВ отсутствуют.

Рассмотрим последовательно практику применения перечисленных вариантов передач мощности на СГВ со ссылками на конкретные проекты судов, а также применение так называемых гибридных движителей с СГВ (Hybrid Shaft-Pod propulsor).

### УСТАНОВКИ С МЕХАНИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧЕЙ МОЩНОСТИ НА СГВ

Наилучших результатов в проектировании судов с механической передачей мощности на СГВ в рамках классической компоновки пропульсивной установки добились японские судостроители. В 1988 г. СГВ были установлены на транспортном судне для перевозки автомобилей «Тоёфудзи-5». Судно было построено на верфи Нагасаки-дзосэн компании Мицубиси-дзюкогё [9]. В этом же году фирмой Ishikawajima – Harima Heavy Industries Co.Ltd (IHI) СГВ были установлены на навалочник (Balk Carrier) «Juhō» (37 000 двт). В 1993 г. эта фирма оборудовала СГВ крупнотоннажный танкер для перевозки сырой нефти (Very Large Crude Oil Carrier) «Okinoshima Mary» (259 000 двт) [10].

## Двигательно-рулевые колонки с СГВ

| Фирма                                | Мощности, кВт, тип передачи | Мощности для судов ледового плавания | Диаметры, м | Конфигурация                        |
|--------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|-------------|-------------------------------------|
| Rolls-Royce, ДРК Contaz (Aquamaster) | 1800–5200 механическая      | Не выпускаются                       | 2,9–5,0     | Толкающая (гондола–ГВ–ГВ)           |
| Sreerprop                            | 800–25000 механическая      | 3000–25000                           | ≈ 1,5–6,0   | Комбинированная (ГВ–гондола–ГВ)     |
| Volvo Penta                          | 190–660 механическая        | Не выпускаются                       | ≈ 0,4–1,0   | Тянущая (ГВ–ГВ–гондола) и толкающая |
| MLIT and NMRI                        | ≈ 2000–2300 электрическая   | То же                                | ≈ 2,5–2,7   | Толкающая и тянущая                 |



Рис. 1. Паром «Trollfjord» и его движитель – ДРК фирмы Rolls-Royce типа Contaz 35

Недостатками механической передачи мощности на СГВ при классической компоновке пропульсивной установки судна являются:

- сложная конструкция редуктора, обеспечивающего противоположное вращение валов гребных винтов;
- технологически сложно выполнимая конструкция «вал в валу» вследствие их значительной длины;
- низкая ледопроемкость вследствие ограничений перегрузок по крутящему моменту;
- снижение гидродинамической эффективности СГВ на режимах, несоответствующих проектному, из-за разбалансировки гребных винтов по моментам [11].

Кроме того, существует общий недостаток механической передачи мощности на гребные винты фиксированного шага (ВФШ) от дизельного двигателя: нагрузка СГВ и внешняя характеристика двигателя таковы, что его полная мощность реализуется только на расчетном режиме. При увеличении нагрузки на СГВ (например, на режиме траления) полную мощность дизельного двигателя передать на них невозможно [12].

Перечисленные недостатки послужили причиной того, что пропульсивные установки с классической компоновкой и механической передачей мощности на СГВ не часто используются на судах, несмотря на высокий КПД СГВ.

Широкое распространение в судостроении получили СГВ с механической передачей мощности в составе ДРК (см. табл. 1). К таким движителям прежде всего относятся ДРК фирмы Rolls-Royce типа Contaz, выпускаемые ее подразделением Ulstein Aquamaster в диапазоне мощностей 1800–5200 кВт

(с соответствующим диапазоном диаметров СГВ 2,9–5,0 м). Гребные винты располагаются за гондолой, т. е. работают в толкающем режиме (конфигурация гондола–гребной винт–гребной винт).

По рекламным материалам фирмы Rolls-Royce колонки Contaz установлены на более чем полтора сотне судов. Как правило, это паромы для перевозки пассажиров и автомобилей (passenger/car ferries) и суда обеспечения (offshore supply vessels). Примером успешного использования СГВ может служить паром «Trollfjord» (водоизмещением  $V \approx 10000 \text{ м}^3$ , наибольшая длина  $L_{\text{ОЛ}} = 136 \text{ м}$ ), на котором установлены две колонки Contaz 35 мощностью 3700 кВт каждая (рис. 1).

В диапазоне мощностей 190–660 кВт ДРК с механической передачей мощности на СГВ выпускает шведская фирма Volvo Penta (Inboard Performance system, IPS350 – IPS 1200) (рис. 2). Гребные винты Volvo Penta IPS располагаются перед гондолой, т. е. работают в тянущем режиме (конфигурация гребной винт–гребной винт–гондола). Эти



Рис. 2. ДРК типа IPS шведской фирмы Volvo Penta

двигатели массово используются на яхтах, скоростных катерах и паромках (длиной до 30 м). В зависимости от необходимых скоростных характеристик судна предусмотрена возможность установки до четырех ДРК типа IPS.

Короткая линия валов СГВ в составе ДРК позволила упростить технологию изготовления конструкции «вал в валу», рационально компактно разместить зубчатые колеса механической передачи в гондоле. При этом удалось минимизировать относительный диаметр гондолы  $d_g = D_g/D$  (где  $D_g$  – диаметр гондолы,  $D$  – диаметр переднего гребного винта СГВ), что важно для достижения максимальной гидродинамической эффективности движителя за счет уменьшения сопротивления гондолы. Для ДРК рассматриваемых конструкций  $d_g \approx 0,4$ .

Таким образом, при применении СГВ в составе ДРК были практически устранены первые два из перечисленных выше недостатков механической передачи мощности на СГВ. Характеристики прочности и надежность зубчатых колес механической передачи ограничили мощность ДРК с СГВ величиной 5200 кВт (диапазон мощностей ДРК Ulstein Aquamaster типа Contaz, см. – табл. 1).

ДРК с СГВ финской фирмы Steerprop имеют конфигурацию гребной винт–гондола–гребной винт и следующие диапазоны мощностей по данным проспектов фирмы: 800–3500 кВт (SP CRP), 5000–25000 кВт (SP CRP ECO), 3000–25000 кВт (SP CRP ECO ARC) (рис. 3).



Рис. 3. ДРК финской фирмы Steerprop

Размещение гребных винтов по окантовкам гондолы позволило избежать



сложной конструкции «вал в валу». Кроме того, благодаря такой конфигурации удалось уменьшить протяженность валов гребных винтов вне корпуса гондолы и, следовательно, улучшить прочностные характеристики устройства. К отрицательным сторонам выбранного расположения гребных винтов относится его негативное влияние на гидродинамику. Гребные винты значительно удалены друг от друга, при этом между ними расположены гондола и стойка колонки, что снижает степень утилизации закрученной струи за передним гребным винтом и, соответственно, гидродинамическую эффективность СГВ. Однако такая конфигурация колонки позволила увеличить мощность, передаваемую на СГВ, до 25 МВт и оказалась более подходящей для работы двигателя в ледовых условиях. Применение ДРК на судах ледового плавания потребовало повышения требований к характеристикам прочности зубчатых колес механической передачи и привело, в конечном итоге, к увеличению относительного диаметра гондолы на SP CRP ECO ARC до  $d \approx 0,6$ . Можно заключить, что на ДРК SP CRP ECO ARC ледовый класс достигается ценой снижения гидродинамической эффективности движителя из-за расположения гребных винтов и повышенного сопротивления гондолы.

Из референс-листа фирмы известно, что ДРК производства Sreerprop установлены, в частности, на пароме (double-ended ferry) «Piret» (2×SP45 CRP) с категорией ледовых усилений DNV\* ICE-IA и на судне наблюдения (survey vessel) «Edda Fonn-Rov» (2×SP35 CRP) с категорией ледовых усилений DNV ICE-C. Рассмотренная компоновка ДРК с СГВ (гребной винт–гондола–гребной винт) показала свою работоспособность в ледовых условиях.

Следует отметить, что ДРК типа Contaz и производства Sreerprop могут использоваться в пропульсивных установках со смешанной, т. е. электромеханической, передачей мощности на СГВ, что подтверждает практика их применения.

### УСТАНОВКИ С ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧЕЙ МОЩНОСТИ НА СГВ

На судах с классической компоновкой пропульсивной установки более широкое применение нашла электромеханическая передача мощности на СГВ. Это

\*DNV – Norske Veritas (классификационное общество Норвежский Веритас). ICE-IA соответствует ледовой категории РМРС Arc 4 (плавание в зимне-весеннюю навигацию в арктических морях при толщине льда 0,6 м), ICE-C – категории РМРС Ice1 (эпизодическое плавание в неарктических морях при толщине льда 0,4 м).

передача комбинированного типа, в которой электрическая передача мощности от главного двигателя (дизель-генераторов) перед СГВ «прерывается» механическим редуктором [5, 13]. Специалисты японской фирмы IHI Marin United Inc. дали название этому типу пропульсивной установки IHI-CRP Electric Propulsion System. По данным работы [13], в Японии к 2011 г. было построено 12 таких судов водоизмещением от 1800 до 7900 м<sup>3</sup> и проектировалось судно-цементовоз водоизмещением 18600 м<sup>3</sup> (рис. 4).



Рис. 4. СГВ пропульсивной установки типа IHI-CRP Electric Propulsion System [13]

Расчеты потребления топлива, выполненные для самой массовой серии судов (пять химовозов, Chemical tanker, длина между перпендикулярами  $L_{pp}=61,8$  м, мощность главного генератора 3×350 кВт) на основе натурных испытаний показали, что экономия топлива составила порядка 20% [13]. При этом указывается, что достигнута она за счет применения двух технических решений: установки СГВ и уменьшения полноты кормовых обводов. Компоновка пропульсивной установки с электромеханической передачей мощности на СГВ позволила скорректировать кормовые обводы и уменьшить сопротивление корпуса. Строго выделить вклад СГВ в экономию топлива при такой модернизации судна не представляется возможным, однако, разумеется, он не превысил 10–12%, что характерно для КПД СГВ по сравнению с одиночным гребным винтом [1–4].

К электромеханической передаче мощности на СГВ относятся и пропуль-

сивные установки с ДРК с механическими передачами, размещенными в гондоле и стойке колонки, с приводом от электродвигателей. Такая комбинация в пропульсивных установках встречается достаточно часто при проектировании и может служить, в частности, для резервирования ее элементов с целью повышения безопасности мореплавания. Пример – паром «Trollfjord» (см. рис. 1), на котором передача мощности на две ДРК Contaz может осуществляться не только непосредственно от дизельных двигателей (2×3700 кВт), но и от электродвигателей (2×2000 кВт), обеспечивая судну комфортную круизную скорость в 14–16 уз.

Электромеханическая передача мощности на СГВ колонки производства Sreerprop CRP ECO ARC применена на ледоколе пр. 21180 («Илья Муромец», проектант – АО «КБ «Вымпел», завод-строитель – АО «Адмиралтейские верфи») [14] (рис. 5). На ледоколе установлены две колонки (каждая мощностью 3500 кВт, см. рис. 3) в качестве основных движителей ледокола. При этом ледокол присвоен категория ледовых усилений Ice-breaker6 РМРС, что «предусматривает выполнение ледокольных операций в портовых и припортовых акваториях, а также замерзающих неарктических морях при толщине льда до 1,5 м» [15], а также способность продвижения непрерывным ходом в сплошном ледяном поле толщиной до 1,0 м.

Комбинированная схема передачи энергии от главного двигателя к движителю позволяет на всех режимах его нагрузки использовать полную мощность главного двигателя, однако не устраняет разбалансированность гребных винтов по моментам на переменных режимах работы. Указанная разбалансировка, как отмечалось, является причиной снижения гидродинамической эффективности СГВ на непроектных режимах [11]. Кроме того, не устраняется характерный недостаток механической передачи мощности на СГВ: ограничения по перегрузкам по крутящему моменту.



Рис. 5. Ледокол «Илья Муромец» пр. 21180 (наибольшая длина – 85 м, водоизмещение – 6000 т)

## УСТАНОВКИ С ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧЕЙ МОЩНОСТИ НА СГВ

Конструкции движителей с электрической передачей мощности на СГВ (что обеспечивает передачу максимальной мощности движителю на всех его нагрузках) были предложены в виде судовых движительно-двигательных установок типа «поворотная колонка» в России в 1998 г. [16, 17].

Установка, как следует из патента [16], оснащена двумя приводными электрическими двигателями, размещенными в гондоле, с передачей мощности к каждому из гребных винтов по отдельности. Для обеспечения максимальной гидродинамической эффективности СГВ или минимизации потерь должно выполняться равенство моментов  $M_1$  и  $M_2$  на переднем и заднем гребных винтах [11]. Это условие реализуется приводными электродвигателями, дополнительно оснащенными системой автоматического регулирования частоты вращения гребных винтов для достижения равенства моментов.

Другая установка (см. патент [17]) оснащена биротативным электрическим двигателем с вращающимися в противоположных направлениях статором, соединенным с валом одного винта, и ротором (якорем), соединенным с валом другого винта. Конструктивная особенность этого двигателя обеспечивает равенство моментов на его якоря и статоре и, соответственно, на гребных винтах при любых нагрузках, при этом соотношение оборотов гребных винтов  $n_1$  и  $n_2$  устанавливается из условия равенства моментов  $Q_1 = Q_2$ . Биротативный электродвигатель может быть выполнен и с двумя вращающимися якорями (двухъякорный электродвигатель [18]). В конструкциях биротативных электродвигателей дополнительной системы регулирования частоты вращения гребных винтов не требуется. Равенство моментов на гребных винтах может наблюдаться и при наличии остаточной закрутки потока за СГВ различной направленности [11]. Однако и в этом случае гидродинамические потери минимизируются, что повышает гидродинамическую эффективность СГВ в широком диапазоне нагрузок.

Первая (в гражданском судостроении) практическая реализация движителя с СГВ и электрической передачей мощности была осуществлена в Японии в 2004 г. под эгидой министерства земли, инфраструктуры и транспорта (Ministry of Land, Infrastructure and Transport) [19]. В ДРК с СГВ, предназначенной для инновационного судна «The Super Eco-Ship», гребные винты приводятся во вращение двумя электродвигателями. Они размещаются в гондоле (рис. 6). Кон-



Рис. 6. ДРК для инновационного судна «The Super Eco-Ship»

струкция этой установки соответствует устройству [16]. Однако информация о практическом использовании движителя [19] на судне «The Super Eco-Ship» отсутствует (см. табл. 1.).

Пропульсивная установка в классической компоновке с электрической передачей мощности на СГВ установлена на судне снабжения (Platform Supply Vessel) «Juanita» [20, 21] (рис. 7). Судно было построено в 2013 г. на верфи Kleven Verft в Норвегии, а движительная установка разработана и поставлена фирмой Scana Volda (Норвегия) совместно с фирмой Inpower (ФРГ). Мощность электродвигателей СГВ – 2300 кВт для переднего гребного винта (диаметр – 3,8 м) и 1700 кВт для заднего (диаметр – 3,5 м).



Рис. 7. Судно снабжения «Juanita» (длина наибольшая – 88,9 м, водоизмещение – 9056 т) и его движитель фирмы Scana Volda

На сайте фирмы Scana Volda [www.scana.no](http://www.scana.no) сравнивается объем потребления топлива и выбросов в атмосферу судна типа «Juanita» с СГВ и судна с азимутными движителями. Согласно оценкам, годовое потребление топлива на судне с СГВ по сравнению с судном с азимутными движителями уменьшилось на 12%. Уменьшились также выбросы в атмосферу: углекислого газа  $CO_2$  – на 17%, оксидов азота  $NO_x$  – на 15%, оксидов серы  $SO_x$  – на 16%. Журнал «Offshore Support Journal» удостоил судно «Juanita» в 2015 г. звания «судно года» (Offshore Support vessel of the Year 2015) [21].

## ГИБРИДНЫЕ ДВИЖИТЕЛИ С СГВ

Компоновка гибридного движителя с СГВ (Hybrid Shaft-Pod propulsor) отличается от традиционной компоновки СГВ и представляет собой комбинацию обычного гребного винта, расположенного за корпусом судна, и ДРК с одиночным гребным винтом противоположного вращения, которая размещена непосредственно за гребным винтом. Иными словами, гребные винты образуют соосную пару, кормовая ступень которой выполнена в виде ДРК.

Наиболее раннее описание гибридного движителя можно найти в документах по патенту SE 8304136–8 [22]. В соответствии с этим патентом передача мощности на задний гребной винт выполнена механической. Аналогичная конструкция движителя была реализована на рыболовном судне «Nippon Maru» японской постройки (рис. 8) в 2009 г.



Рис. 8. Рыболовное судно «Nippon Maru» (длина наибольшая – 75,8 м, водоизмещение – 4300 т) и его гибридный движитель фирмы Kamote Propeller

Технический прогресс в области электротехники позволил заменить передачу мощности на гребной винт на электрическую [23] и устранить недостатки механической передачи, а именно: ограничение по величине передаваемой мощности и по перегрузкам по крутящему моменту. В настоящее время кормовая часть гибридного движителя, как правило, имеет электрическую передачу мощности, а носовая может выполняться как с электрической, так и с механической передачей. Причем гибридный движитель может иметь передний гребной винт как фиксированного шага, так и регулируемого шага (ВРШ).



Одним из первых примеров использования гибридных движителей с СГВ являются японские паромы «Namanasu» и «Akashia», построенные для компании Shin Nihonkai Ferry Line на верфи Mitsubishi Heavy Industries в 2004 г. [24, 25] (рис. 9). Паромы имеют эксплуатационную скорость 30,5 уз и максимальную 32 уз. Пропульсивная установка судна включает два 12-цилиндровых среднеоборотных дизеля Wartsila 46, работающих на ВРШ, два аналогичных дизеля 12V46, работающих на генераторы, и один дизель-генератор малой мощности для использования в порту. Полная мощность пропульсивной установки составила 42 800 кВт с передачей на ДРК 17 600 кВт (колонка финской фирмы ABB AZIPOD Type 21) и 25 200 кВт на ВРШ (отношение мощностей 41/59). Экономия топлива по сравнению с обычными судами того же назначения в компании составила 17–20% [24]. В книге А. В. Пустошного [5] указана общая экономия при эксплуатации судна с СГВ в 10%, а в работе [25] – экономия топлива 13%. Расхождение в данных можно объяснить различными проектами судов, с которыми сравнивается судно с СГВ. В работе [24] указывается, что сравнение выполнено с обычными двухвинтовыми паромы.

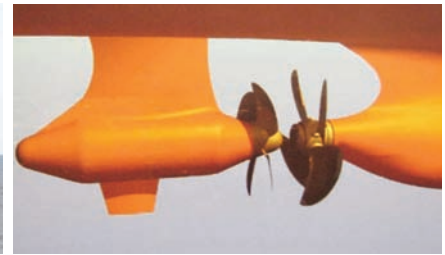
Таким образом, увеличение гидродинамической эффективности пропульсивной установки с СГВ в рассматриваемом случае обусловлено не только положительными качествами соосной системы гребных винтов, но и благоприятным влиянием перехода от двух винтовой компоновки к расположению гребных винтов в диаметральной плоскости судна. Последнее приводит к улучшению взаимодействия лопастного движителя с корпусом судна и, как следствие, к повышению пропульсивного коэффициента.

В проектировании СГВ для паромов «Namanasu» и «Akashia» по заказу ABB принимали участие специалисты ФГУП «Крыловский государственный научный центр» [5].

Остановимся на особенностях гибридного движителя с СГВ, перечислив как положительные, так и отрицательные стороны его применения в составе пропульсивной установки.

*К преимуществам гибридного движителя с СГВ относятся:*

- повышение пропульсивных характеристик и, как следствие, экономия топлива (о чем свидетельствуют приведенные выше данные об экономии топлива на японских паромы [5, 24, 25]) и уменьшение вредных выбросов в атмосферу;
- улучшение маневренности (ДРК способна работать с поворотом на 360°, т. е. как азимутный движитель);



**Рис. 9. Паром «Namanasu» (длина наибольшая – 224, 8 м, водоизмещение – 28000 т) и его гибридный движитель с ДРК ABB AZIPOD Type 21**

- резервирование элементов пропульсивной установки в случае, если передача мощности на ДРК выполнена автономной (степень резервирования будет максимальной, если и источник питания ДРК является автономным);
- уменьшение потребности обслуживания буксирами в узкостях и в портах;
- отсутствие необходимости установки кормовых подруливающих устройств;
- возможность улучшения компоновки машинного отделения, как следствие уменьшения габаритов главного двигателя (при автономном двигателе для ДРК).

*К недостаткам гибридного движителя с СГВ относятся:*

- резкое ухудшение управляемости и маневренности при выходе из строя кормовой части движителя, т. е. ДРК (стойка ДРК, выполненная с гидродинамическим профилем, в незначительной степени компенсирует неисправность ДРК как рулевого устройства);
- невозможность переоборудования судов для установки гибридного движителя с СГВ (установка целесообразна, как правило, только на новые суда).

Рассмотрим гидродинамическую эффективность лопастной системы СГВ гибридного движителя. Характерной особенностью существующих движителей этого типа является наличие кормового обтекателя у переднего гребного винта и носового обтекателя у заднего гребного винта (гребного винта ДРК) обычного типа, т. е. в виде усеченного бочкообразного тела (см. рис. 8 и рис. 9). Такая компоновка обусловлена наличием режимов работы гибридного движителя, при которых его задняя ступень работает как поворотная колонка. При этом расстояние между гребными винтами должно быть увеличено (по сравнению с движителями с СГВ, остающимися соосными на всех режимах работы) до величины, достаточной для того, чтобы лопасти гребного винта ДРК при ее повороте беспрепятственно миновали элементы переднего гребного винта. Таким образом, ступицы гребных винтов соосной пары образуют плохо обтекае-

мую конструкцию при увеличенном расстоянии между дисками гребных винтов  $x$  ( $x/R > 0,8$ , где  $R$  – радиус переднего гребного винта).

Эти особенности конструкции отрицательно влияют на гидродинамическую эффективность лопастной системы. Непосредственных сравнительных модельных исследований отрицательного влияния «разрыва» плавного обтекания ступиц СГВ на пропульсивные качества не проводилось. В то же время есть косвенные данные, свидетельствующие, что потери составляют не менее 5–6%. Это следует из результатов сравнительных модельных испытаний гибридного движителя с СГВ и одиночного гребного винта того же диаметра, приведенных в монографии [5] (см. рис. 4.9 в [5], преимущество гибридного движителя с СГВ составило лишь 5%). Таким образом, непосредственное увеличение гидродинамической эффективности от применения СГВ в составе гибридного движителя составляет менее 10–12%.

Рассматривая ДРК типа «Азипод» (см. рис. 9), следует иметь в виду некоторые общие преимущества и недостатки судов, оснащенных таким движителем [28]. *К преимуществам относятся:*

- улучшения управляемости судна;
  - хорошие реверсивные характеристики;
  - пониженные уровни конструктивной вибрации и шума в корпусе из-за размещения гребного электрического двигателя вне корпуса;
- К недостаткам относятся:*
- высокая стоимость электропередачи;
  - увеличенная численность экипажа за счет включения главного электромеханика и рядовых электромехаников, невозможность ремонта и затруднительность обслуживания гребного электродвигателя, размещаемого вне корпуса, без докования судна;
  - сложная схема управления установки с множеством элементов;
  - повышенная мощность установки для обеспечения пусковых токов;
  - дополнительное сопротивление воды движения судна за счет гондол и конзол;
  - возможности утраты ДРК типа «Азипод» во льдах.

Как свидетельствует практика, применение гибридного двигателя с СГВ (как и иных видов двигателей с СГВ) позволяет отказаться от двухвальной пропульсивной установки, перейти к расположению гребных винтов в диаметральной плоскости и за счет этого достичь уровня энергосбережения не менее 10–13% (см. данные японских пароходов «Namanasu» и «Akashia» [5, 25]).

Примеры успешного использования гибридных двигателей показывают, что применение СГВ следует рассматривать не только как возможность непосредственной замены одиночного гребного винта, но и рационального изменения проекта судна в целом. В случае с японскими пароходами «Namanasu» и «Akashia» – это отказ от двухвальной пропульсивной установки и расположение гребных винтов в диаметральной плоскости с соответствующим изменением обводов корпуса.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время применение СГВ в составе пропульсивных установок не редкость. Как правило, это ДРК с механической передачей мощности на СГВ. Например, ДРК фирмы Rolls-Royce типа Contaz установлены на более чем полутора сотне судов. ДРК производства Svergror установлены на десятках судов. Количество малых судов ( $L_{\text{ОА}} < 24$  м) с ДРК шведской фирмы Volvo Penta насчитывает сотни. К современным разработкам, также выполненным в Японии, относятся пропульсивные установки классической компоновки типа IHI–CRP Electric Propulsion System (с электромеханической передачей мощности на СГВ), которые установлены на 12 судах [13]. Известно одно судно с пропульсивной установкой классической компоновки с электрической передачей мощности на СГВ: «Juanita» (Platform Supply Vessel) [20, 21].

Применение СГВ в качестве основного двигателя объясняется, прежде всего, его высокой гидродинамической эффективностью. В то же время возможности дальнейшего улучшения эксплуатационных характеристик этого типа двигателя не исчерпаны. В первую очередь, это относится к конструкциям ДРК с СГВ, которые имеют механическую передачу мощности к гребным винтам (см. табл. 1), и пропульсивным установкам классического исполнения с механической передачей мощности на

СГВ. Замена механической передачи на электрическую приведет к следующим положительным результатам:

- увеличится гидродинамическая эффективность СГВ на режимах, отличных от проектного, что особенно важно для многофункциональных двигателей, работающих в широком диапазоне эксплуатационных нагрузок [26];
- двигатель сможет выдерживать значительные перегрузки по крутящему моменту, что снимет ограничения по ледопроеходимости и распространит возможность широкого применения СГВ на судах ледового плавания;
- появятся дополнительные возможности по дублированию элементов пропульсивного комплекса и, следовательно, повысится безопасность мореплавания [27].

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Воеводская Е. Н.* Вопросы проектирования и эффективность использования соосных гребных винтов на крупнотоннажных транспортных судах // Тр. ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова. – 1975. – Вып. 285.
2. *Турбал В. К.* Применение двигателей новых типов на морских транспортных судах. – Проблемы прикладной гидромеханики судна. – Л.: Судостроение, 1975.
3. *Каприцев С. В., Сыркин Е. Н.* Особенности проектирования соосных гребных винтов противоположного вращения для скоростных судов // Тр. ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова. – 1996. – Вып. (2) 286.
4. *Воеводская Е. Н., Турбал В. К.* Перспективы повышения ходовых качеств быстроходных транспортных судов. – Вопросы судостроения. – Сер.: Проектирование судов. ЦНИИ «Румб», 1977. – Вып. 15.
5. *Пустошный А. В.* Проблемы ходкости транспортных судов. – СПб.: Изд. ФГУП «Крыловский государственный научный центр», 2016.
6. *Mitson R. B.* Underwater Noise of Research Vessels. Review and Recommendations // Cooperative Research – Report ICES, 1995. – № 209.
7. *Левашов Д. Е.* Нормирование характеристик шумового поля рыбохозяйственных НИС с целью минимизации его влияния на поведение рыб при промыслово-акустической съёмке // Тр. ВНИРО. Техника для рыбохозяйственных исследований. – 2016. – Т. 159.
8. Guideline for the reduction of underwater noise from commercial shipping to address adverse impacts on marine life. МЕРС 66/17, 2013.
9. Фунэно кагаку. – 1988-11. – Vol. 41. – P. 41–46.
10. Brodogradnja 49. – 2001. – №3. – P. 349.
11. *Вишневский Л. И., Тогуляц А. П.* Корабель-

- ные лопастные двигатели: Новые технические решения, результаты исследований. – СПб: Судостроение, 2011.
12. Справочник по теории корабля/Под ред. Я. И. Войткунского. – Т. 1. – Л.: Судостроение, 1985.
  13. *Yamada Hideki, Miyabe Hiroaki, Saeki Aiichiro.* Energy Saving Technology of the Diesel-Electric Propulsion System for Japanese Coastal Vessels // IHI Engineering Rev. – 2011. – Vol. 44. – № 1.
  14. ru.wikipedia.org. Ледоколы проекта 21180.
  15. Правила классификации и постройки морских судов. – Российский морской регистр судоходства, 2015, т. 1.
  16. *Бедкер В. Ф., Тогуляц А. П.* Судовая двигатель-двигательная установка типа «поворотная колонка». Патент № 2115589 // БИ. – 1998. – № 20.
  17. *Бедкер В. Ф., Тогуляц А. П.* Судовая двигатель-двигательная установка типа «поворотная колонка». Патент № 2119875 // БИ, 1998. – № 28.
  18. *Рубицрайт А. М.* Перспективы применения сверхпроводниковых электродвигателей для движения судов // Электричество. – 1996. – № 9.
  19. The Super Eco-Ship // Class NK Magazine. 57<sup>th</sup> Ed. 2005.
  20. <http://www.ship-technology.com/projects/mv-januta-platform-supply-vessel/>
  21. <http://scana-propulsion.com/products/contra-rotating-propulsion/>
  22. *Johansson C-A.* Driv propellerarrangemang med motroterade propellar. – Patent application № 8304136-8 (448981), Sverige.
  23. *Varis, Jukka.* A Ship' Propulsion Arrangement as well as a Method for the Management of Exceptional Forces Therein. World Intellectual Property Organizational. – International Publication Number WO 02/24522 A1.
  24. *Levander O.* New Concepts in Ferry Propulsion // Scandinavian Shipping Gazette. – 2007. – September 28.
  25. *Ueda N., Oshima A., Unseki T., Fujita S., Takeda S., Kitamura T.* The First Hybrid CRP-POD Driven Fast ROPAX Ferry in the World. Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. // Technical Rev. – 2004. – Vol. 41. – № 6.
  26. *Тогуляц А. П., Вишневский Л. И.* Гидродинамические аспекты работы гребных винтов противоположного вращения с электрической передачей мощности // Морской вестник. – 2018. – № 3 (67). – С. 83–86.
  27. *Тогуляц А. П., Косильников В. И., Вишневский Л. И.* Пропульсивная установка судна для его работы в особых районах океана. – Патент № 138367 // БИ. Полезные модели. – 2014. – № 7.
  28. *Климашевский С. Н.* Научные основы ключевых положений проектирования ледоколов и судов ледового плавания. – СПб.: Нестор-история, 2016. ■



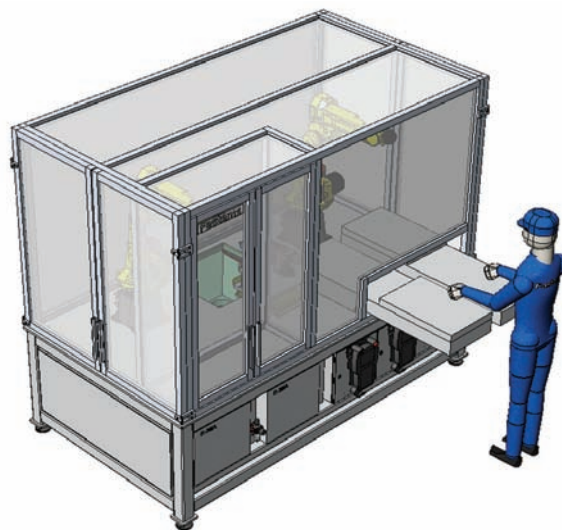
**К**омпания «Пумори-северо-запад» вывела на рынок роботизированную систему финишной обработки лопаток двигателей. Подобные операции (полировка пера лопатки) на двигателестроительных заводах в России, как правило, выполняются в ручном режиме. И под силу они только высококвалифицированным слесарям с многолетним опытом работы в этой области. Таких работников очень немного, и с годами их количество только сокращается. Автоматизированные слесарные комплексы помогают производителям уйти от зависимости от дефицита таких кадров и позволяют достичь высокого качества продукции на выходе.

Комплекс имеет компактную конструкцию, его поставка осуществляется одним блоком (модулем). Модуль решен с использованием двух роботов. Один робот – шлифовщик, он выполняет всю работу с деталями, операции по их измерению и обработке. Другой робот специализируется на обслуживании инструментов, выполняет все операции по их смене на станции инструмента во время производственного процесса.

Работа комплекса – это замкнутый цикл: измерение, обработка, измерение, доработка до получения требуемых размеров. В нем автоматически измеряются компоненты с применением измерительной системы из соответствующих лазерных профилометров. При загрузке заготовок и выгрузке деталей вне робототехнического модуля используют-

## ШЛИФОВКА ЛОПАТОК ДВИГАТЕЛЕЙ – ТЕПЕРЬ ЗАДАЧА ДЛЯ РОБОТОВ

ООО «Пумори-северо-запад»,  
контакт. тел. (812) 670 7026, [marketing@pumori.ru](mailto:marketing@pumori.ru)

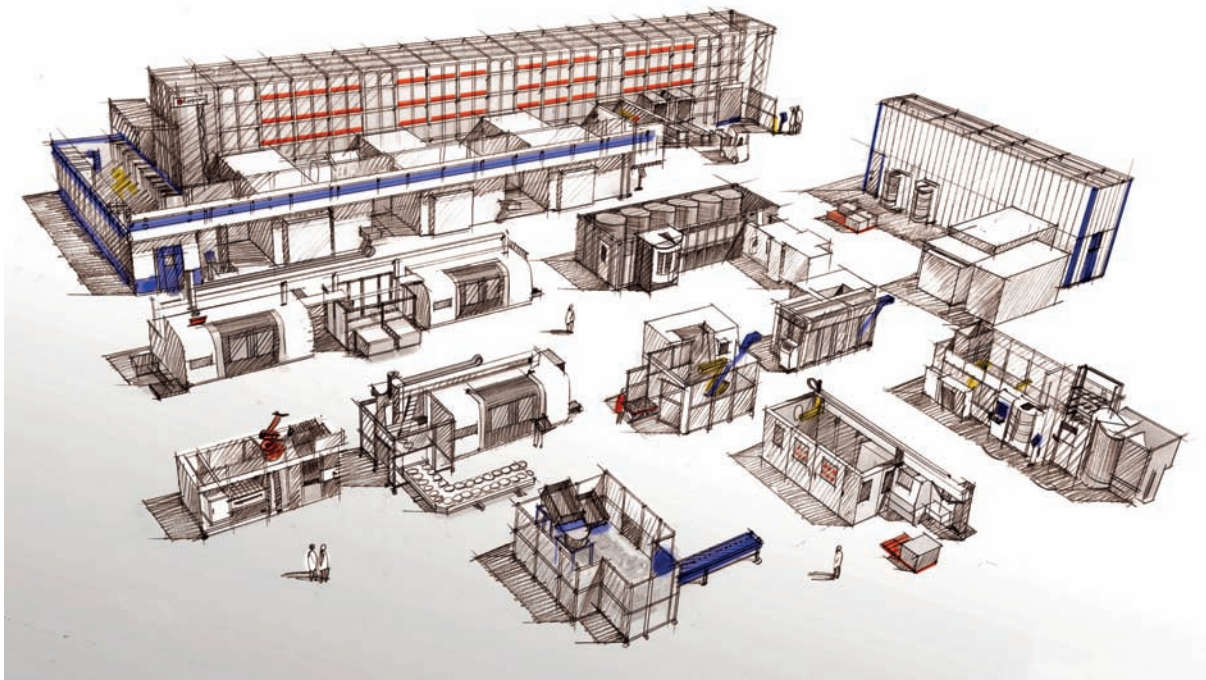


Автоматизированная ячейка обработки лопаток

ся специально созданные поддоны. Предусмотрены контролируемый съем (удаление) материала на основе технологии контроля (регулирования) усилия, автоматизированная смена инструментов для режущего шпинделя. Также полностью автоматизирована система смены шлифовальных лент. Обслуживание инструментов и захватов может целиком

проводиться за пределами его контура. В целом комплекс обеспечивает высокий уровень безопасности и защиты здоровья работников.

В ходе заводских испытаний обслуживания перед отправкой клиенту проводится стопроцентная проверка функционала модуля и процесса обработки. Комплексы вводятся в эксплуатацию в кратчайшие сроки. ■



Автоматизированный участок механической обработки

В связи с происходящими в настоящее время локальными изменениями климата и повышением нестабильности движения воздушных масс расширяется зона рискованного мореплавания для судов среднего и малого водоизмещения, к которым относятся патрульные, вспомогательные корабли, рыболовецкие суда и паромы.

Расширение задач транспортировки газа, нефти и других ископаемых в районе Северного морского пути требует учета особенностей плавания в районах арктических и дальневосточных морей, где отмечаются сложные климатические условия. В период с октября по март в арктических и близких к ним морях возникают условия, ведущие к обледенению наружных поверхностей палуб, леерных ограждений, трапов, комингсов закрытий ангаров, наружных дверей и люков, мачт, опор грузовых устройств, надстроек и мачт судов. Это явление представляет опасность при эксплуатации и требует применения технических (инженерных) решений по сохранению остойчивости судна.

С повышением интенсивности мореходства в этих районах требуется не только учет опасных явлений, но и дополнительное обоснование требований по предотвращению обледенений в тяжелых морских условиях. В соответствии с правилами Российского морского регистра судоходства к судам и кораблям, заходящим в эти районы, предъявляются требования класса ANTI-ICE и однозначно явление обледенения судов относят к разряду опасных и особо опасных.

Применяемые на судах средства борьбы со льдом используют имеющуюся на борту тепловую энергию пара и горячей воды и все равно требуют привлечения команды к борьбе с обледенениями, что затруднительно при значительном волнении и опасно в штормовых условиях. Задача борьбы с обледенением осложняется из-за низких температур, опасных для человека.

### ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ОПАСНОСТЬ ОБЛЕДЕНЕНИЯ СУДОВ И КОРАБЛЕЙ

Условия в бассейнах северных и арктических морей из-за смешения холодного арктического воздуха с влажным субтропическим способствуют обледенению наружных поверхностей судов. Особенно велика опасность обледенения при сезонной смене климатических условий в районах Баренцева, Норвежского и близких к ним западных морей (в частности, Балтийского), а также в районах Берингова, Охотского, Японского и прилегающих к ним дальневосточных морей. В указанных районах существует большая вероятность штормов и ураганов, особенно в осенний и зимний периоды года, при этом наблюдаются «ледяные штормы», когда штормовое волнение забрасывает с поверхности моря на палубу мелкие фракции льда. Явления сильного обледенения регистрируются даже в теплых морях (например, вследствие новороссийской боты в Черном море).

В публикациях указано, что основными средствами борьбы с обледенением являются маневр судна, уменьшающий нарастание льда; околка льда силами экипажа; выход из зоны обледенения. При планировании работ в море необходимо заранее учитывать условия и факторы, способствующие обледенению, в том числе технические (тип судна, такелаж, загрузка, покрытие и т.д.), субъективные (маневр судна) и гидрометеорологические.

По наблюдениям ФГБУ «ДВНИГМИ» основными видами обледенения являются гололед, изморозь, обледенелый мокрый снег, гололеда, твердый налет. Степень интенсивности обледенения (скорость нарастания льда на судовых поверхнос-

## ЭЛЕКТРООБОГРЕВ НА СУДАХ НЕОБХОДИМЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ БОРЬБЫ С ОБЛЕДЕНЕНИЕМ МОРСКИХ СУДОВ

*Е.И. Владимиров, гл. конструктор – начальник отдела,  
А.А. Нейлов, начальник отдела,  
М.П. Тихомиров, гл. специалист, АО «Новая ЭРА»,  
Р.С. Мещеров, начальник группы АО «ЦМКБ «Алмаз»,  
В.И. Чугунов, ст. науч. сотрудник НИИ КиВ ВМФ ВУНЦ ВМФ «ВМА»,  
контакт. тел. (812) 610 0255, 740 5052*

тях) принято характеризовать общей толщиной льда, которая создается за определенный промежуток времени.

Условия для обледенения возникают при понижении температур воздуха и воды [1, 3, 5]. Наиболее благоприятной для образования гололеда является температура воздуха у поверхности воды от +1 до –3 °С; для зернистой изморози – от –3 °С до –8 °С; для кристаллической изморози – от –11 °С до –25 °С; для обледенелого мокрого снега – от 0 °С до +2 °С.

**Условия для появления обледенений.** Приведенные характеристики условий свидетельствуют, что наибольшую опасность обледенение представляет для судов с ограниченным маневром движения (к примеру, при буксировке другого судна), а также при движении судна под углом 15–30–45° к волне, что обуславливает наилучшие условия для забрызгивания его морской водой. В этих условиях даже при незначительных отрицательных температурах воздуха и небольшой скорости ветра возможно сильное обледенение, усугубляемое неравномерным распределением льда по поверхности судна, что может привести к катастрофическим последствиям. При медленном обледенении скорость отложения льда на палубе и надстройках судна может достигать 1,5 т/ч, при быстром обледенении – 1,5–4 т/ч, при очень быстром – более 4 т/ч.

Опубликованные ранее сведения [4] показывают, что потеря остойчивости малого судна может произойти при массе льда всего лишь 2% от водоизмещения. Объясняется это тем, что в первую очередь обледеневают высоко расположенные части судна: мачты, ванты, краны, стрелы, палубный груз, надстройка, шлюпки и пр. При этом лед быстро затягивает шпигаты и штормовые портики, препятствуя стоку воды, которая на морозе очень скоро превращается в лед. Низкие температуры в зимние периоды создают опасность обмерзания приемных устройств воздушных и водяных систем, что снижает способность судна противостоять стихии.

При средней плотности арктических вод 1024 кг/м<sup>3</sup>, (максимальная – 1026,17 кг/м<sup>3</sup>, минимальная – 1022,53 кг/м<sup>3</sup>) средняя температура арктических поверхностных вод летом составляет –1,4 °С, а зимой –1,7 °С. Плотность воды зимой в отдельных участках морях рассматриваемых бассейнов при высокой солёности составляют: в Баренцевом – 1027–1028 кг/м<sup>3</sup>, Белом – 1018 кг/м<sup>3</sup>, Охотском – 1025,5–1027 кг/м<sup>3</sup>. Замерзание воды с такой плотностью и солёностью происходит при температуре около –1,8 °С÷–2,1 °С.

Таким образом, метеоусловия появления опасных явлений определены достаточно подробно и описаны их воздействия на корпусные конструкции, механизмы и обслуживающие их системы.

Как показывают опубликованные данные [1, 2, 9, 10], условия классифицируются по скорости обледенения и вызывающие это причинами. Исследователи отмечают, что при разных условиях лед образуется из разных фракций (иногда из нескольких) и скорость их налипания на охлажденные конструкции различные. Это определяется характеристиками морской воды и составом подвижных фракций льда в осенне-зимне-весенний период в районах плавания и низкой температурой охлажденной наружной металлической поверхности судна.



Образующийся в зимние периоды на поверхности моря морской лед в зависимости от стадии образования имеет несколько начальных видов (в порядке времени образования): ледяные иглы; ледяное сало; снежура; шуга; внутриводный. Дальше образуются ниласовые льды при спокойной поверхности моря из сала и снежуры (темный нилас до 5 см толщиной и светлый нилас до 10 см толщиной). Блинчатый лед, образующийся при слабом волнении из ледяного сала, снежуры или шуги, представляет собой пластины льда округлой формы от 30 см до 3 м в диаметре и толщиной 10 – 15 см. Морской лед имеет плотность от 850 до 940 кг/м<sup>3</sup> (плотность пресного льда из химически чистой воды составляет 920 кг/м<sup>3</sup>). Таяние морского льда на поверхности моря начинается при температуре выше –2,3 °С.

Слой обледенения образуется из брызг переохлажденной морской воды с мелкими льдинками битого морского льда и осаждающихся ледяных кристаллов, образующих на поверхности ледяную пленку толщиной 0,2 мм при одном забрызгивании или заливания (при 20 заливаниях в час ледяная корка может нарастать со скоростью до 4 мм/ч).

Обледенение судов в 72% случаев наблюдается при высоте волн около 3 м, в 28% случаев – если она более 3 м. При высоте волн 2 м и менее обледенение наблюдается редко. Интенсивность его гораздо больше при коротких и крутых волнах, чем при длинных и пологих.

Наблюдения ведутся длительное время и отражены в публикациях, а опыт моряков изложен в руководствах по борьбе за живучесть и наставлениях. Конкретные цифры обобщенных результатов наблюдений немного отличаются, но имеют близкие классификации.

Отмечают различные особенности условий, характеристики налипающего льда, неравномерную скорость обледенения на разных частях судна. Интенсивность обледенения зависит как от комплекса гидрометеорологических условий, так и от конструктивных особенностей и поведения судна на волнении. При этом наиболее интенсивное обледенение судна происходит при его следовании на курсовых углах 15–45° по отношению к направлению ветра и фронта волн. При этом лед быстрее нарастает на подветренной части корпуса, что способствует возникновению статического крена судна. Основными местами обледенения на судах являются полубак, палубы, такелаж и верхние палубные надстройки.

Результаты наблюдений говорят о трех основных видах обледенения:

- образующееся при забрызгивании и заливания судна забортной водой с фрагментами льда в результате сильного ветра и волнения при отрицательной температуре воздуха (это наиболее частый вид обледенения);
- от выпадения переохлажденных осадков – дождя, мороси или мокрого снега, а также от осадения на судно переохлажденных частиц воды во время тумана или парения моря;
- смешанное, которое образуется при сочетании первого и второго видов обледенения.

**Требования к теплопроизводительности средств обогрева.** Обобщенные результаты наблюдений, интересные для предупреждения обледенения и определения необходимой теплопроизводительности, могут быть классифицированы по условиям, перечисленным ниже, и по скорости образования наледи (рис. 1).

*Медленное обледенение:* по методике [9] скорость отложения льда менее 0,7 см/ч или по методике [10] – от 0,1 до 0,8 дюймов, соответствует от 0,25 до 2 см, нарастания льда за 3 часа:

1. Температура воздуха от –1 °С до –3 °С, любая скорость ветра, забрызгивание или одно из следующих явлений – атмосферные осадки, туман, парение моря.
2. Температура воздуха ниже –3 °С и скорость ветра до 9 м/с.

*Быстрое обледенение:* по методике [9] скорость обледенения от 0,7 до 1,3 см/ч или по методике [10] – от 0,8 до 2,4 дюйма, что соответствует от 2 до 6,1 см за 3 часа).

Температура воздуха от –3 °С до –8 °С и скорость ветра от 9 до 15 м/с.

*Очень быстрое обледенение:* по методике [9] скорость обледенения 1,4 см/ч или по методике [10] – больше 2,4 дюйма, что соответствует более 6,1 см за 3 часа):

1. Температура воздуха ниже –4 °С, скорость ветра 15 м/с и более.
2. Температура воздуха ниже –8 °С, скорость ветра от 9 до 15 м/с.

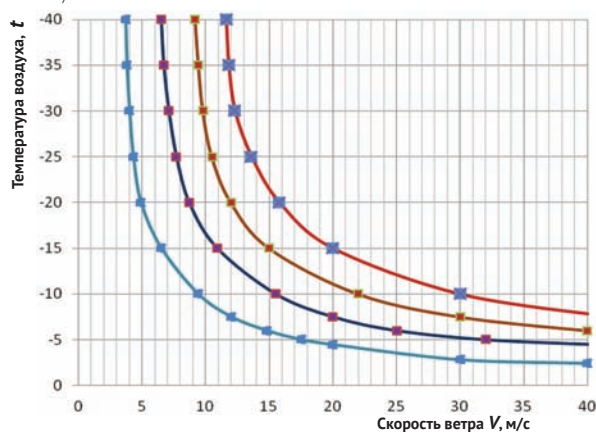


Рис. 1. Границы степеней обледенения в зависимости температуры обледенения от понижения температуры окружающего воздуха и скорости ветра  
 — слабое, 1 мм/ч, — среднее, 3 мм/ч, — сильное, 6 мм/ч, — очень сильное, 9 мм/ч

## ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА БОРЬБЫ С ОБЛЕДЕНЕНИЕМ СУДОВ РАЗНЫХ КЛАССОВ

Общими правилами регламентированы действия команды, наблюдениями подтверждены различные условия обледенений в морских условиях, но недостаточно нормированы методы предупреждения при проявлении начальных условий возникновения опасных явлений.

В документах, подобных наставлениям по борьбе за живучесть (НБЖС), прописаны особенности борьбы за живучесть в штормовых условиях и в них обязательно присутствует раздел «Борьба с обледенением судна».

Указаны контролируемые параметры остойчивости, в частности (несимметричность обледенения или отрицательная метацентрическая высота), предписано вести контроль за остойчивостью судна по периоду качки (при увеличении его на 20-25 % немедленно принимать меры к увеличению остойчивости), рекомендовано частое определение метацентрической высоты конкретного судна по вспомогательным методическим таблицам и пр.

В наставлениях указаны меры восстановления остойчивости судна (удалять лед в первую очередь с высоко расположенных конструкций, окалывать лед при возникновении статического крена в результате несимметричного обледенения прежде всего с накренного борта и высоких конструкций; вести интенсивную околку льда при значительном обледенении носовой оконечности и появлении дифферента на нос в первую очередь в носовой части; удалять лед из шпигатов. Околку льда следует вести особенно интенсивно, когда остойчивость судна достигнет опасного значения, а также когда средняя толщина льда на судовых поверхностях достигнет 2–3 см. В первую очередь надо освобождать ото льда радиоантенны, ходовые огни, спасательные средства, рангоут, двери надстроек и рубок, брашпиль и якорные клюзы. Лед следует окалывать сначала накренного борта.

Для быстрого удаления льда предписано использовать доступные средства, такие как горячая вода (лучше пар), полив обледеневших поверхностей сильными струями противобледенительных растворов. Но, несмотря на это, основная надежда – на команду с ломачами, кувалдами, топорами. Общие рекомендации сводятся к максимально возможной скорости «ручного» удаления льда, чего в некоторых случаях может оказаться недостаточно.

### ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА, ПОЗВОЛЯЮЩИЕ ОБЕСПЕЧИТЬ БЕЗОПАСНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ СУДНА

Существующие средства обогрева используют имеющуюся на борту тепловую энергию (пар и горячую воду), но все равно требуют привлечения команды к борьбе с обледенением. Уже давно создаются и применяются средства электрообогрева палуб, наружных устройств надстроек, иллюминаторов, дверей, люков, приемных воздухопроводов и патрубков водяных систем. Но пока не устоялись нормативные указания по определению требуемых технических параметров и мощности электрообогрева.

Принятые международными классификационными обществами правила и рекомендации проектирования и строительства судов арктического класса указывают на необходимые условия, но конкретные методы борьбы с обледенением выбирает проектант, исходя из использования судна. Задаются режимы работы средств обогрева и способ управления ими при изменении метеословий.

Запрет плаваний в опасных условиях не может быть действенным, так как локальные метеословия в районе плавания меняются динамично. На море возникают ситуации, требующие занятости всех имеющихся на борту членов команды, поэтому средства удаления льда (в том числе электрообогрев) должны быть такими, чтобы можно было бороться с нарастающим с максимальной скоростью очень быстрым обледенением, включаться автоматически на начальных этапах обледенения (или при возникновении опасности обледенения) палубного оборудования, воздухо- и водоприемных устройств, а также обеспечивать безопасную эксплуатацию морского объекта, по возможности не отвлекая команду.

Наиболее перспективны средства электрообогрева, уже применяющиеся на строящихся судах и кораблях. При подборе способа электрообогрева должны учитываться как параметры обогреваемых конструкций, так и свойства теплопередачи необходимой мощности нагрева для удаления не только изморози, но также отслоения и оттаивания намерзающего льда при охлаждении воздухом.

Для обогреваемых наружных поверхностей на палубах Правилами РС рекомендована мощность не менее 300 Вт/м<sup>2</sup>. Но при этом не указаны степень и стадия обледенения в зависимости от понижения температуры и скорости ветра, а также характера развития обледенения с точки зрения опасности для судна. В пункте 4.3.1.1 Полярного кодекса для оценки остойчивости рекомендовано рассчитывать прилипание к палубам льда массой до 30 кг/м<sup>2</sup>, что может являться последней стадией обледенения перед опрокидыванием.

Теплота плавления (кристаллизации) прилипшего льда находится в диапазоне от 150 до 397 кДж/кг, средняя удельная теплопроводность морского льда составляет 2,1 Вт/м·град, примерно в пять раз выше, чем у воды, и в восемь раз выше, чем у снега, а обдув морозным воздухом тормозит процесс оттаивания. Расчеты и эксперименты, выполненные АО «Новая ЭРА» показали влияние наружного теплосъема с обледеневшей поверхности на необходимую теплопроизводительность электрообогрева. Оценка значений удельной теплопроизводительности на наружных палубах при налипании мелкого битого льда толщиной до 3 мм, при ветре в борт и ухудшении метеословий приведена на рис. 2 и рис. 3.

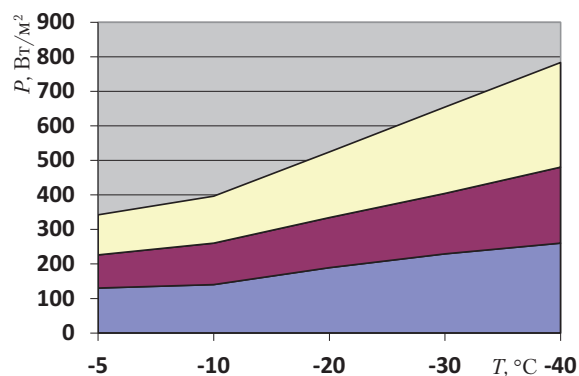


Рис. 2. График требуемой энергии на антиобледенение палубы в носовой части

■ – плавление льда, ■ – разогрев льда, ■ – отделение льда

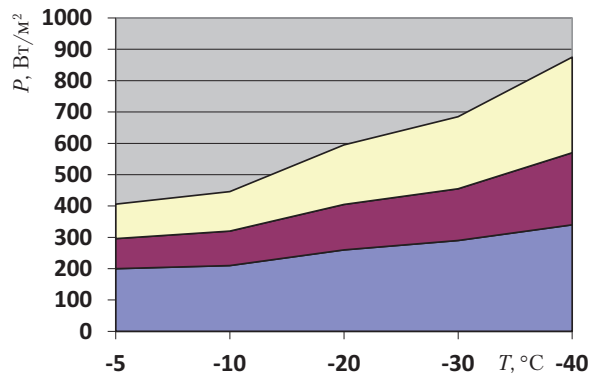


Рис. 3. График требуемой энергии на антиобледенение палубы ВППЛ

■ – плавление льда, ■ – разогрев льда, ■ – отделение льда

Для предупреждения налипания мелких льдинок битого морского льда и ледяных кристаллов из переохлажденной морской воды под поверхностным слоем палуб в зоне антиобледенения должна поддерживаться средняя температура не менее  $-0,1$  и до  $+3$  °C. Условие температуры  $-0,1$  °C объясняется наименьшими затратами теплоты на нагревание и таяние массы льда, а перегрев до  $+3$  °C гарантированно предупреждает налипание льда. Температура кристаллизации морского льда в среднем находится в диапазоне от  $-1,8$  °C до  $-2,1$  °C (в некоторых морях до  $-2,3$  °C) в зависимости от солености воды и только для пресной воды соответствует диапазону от 0 до  $-0,1$  °C.

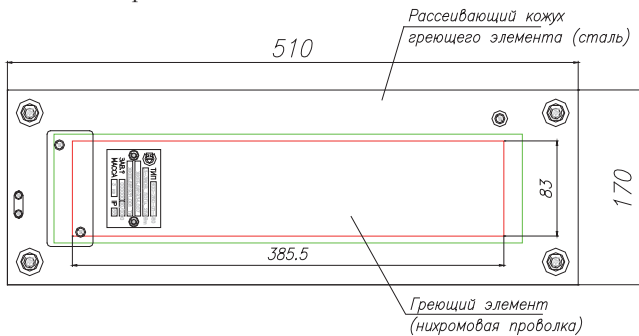
Значения теплопроизводительности средств обогрева палуб должны быть достаточны для исключения льдообразования на наружных поверхностях палуб в защищаемых зонах при разных стадиях обледенения: начальном и медленном; быстром и очень быстром. А для поручней трапов, антенн и тросов конструкций верхних строений, подвергающихся оседанию инея достаточно теплопроизводительности, нормируемой Правилами РС. Особое отношение должно быть к наружным водо- и воздухоприемным устройствам энергетического оборудования судна, что объясняется условиями их использования при эксплуатации судна в море при ледяном шторме. Правилами РС регламентированы требования к обогреву трубопроводных систем, но не указано разделение на средства обогрева теплоносителями и электрообогревом.

### ВАРИАНТЫ СРЕДСТВ ЭЛЕКТРООБОГРЕВА

**Жесткие электрообогревательные элементы.** Раньше других на российских кораблях появился и продолжает быть востребованным резистивный способ обогрева полетных палуб, реализованный в виде электрообогревающих систем на основе электрообогревательных элементов типа ЭОС-250 мощностью 250 Вт и ЭОС-500 мощностью 500 Вт по техническим условиям ЖКЕБ.681931.001 ТУ. Электрообогревающие элементы ЭОС-250 (рис. 4) устанавливаются

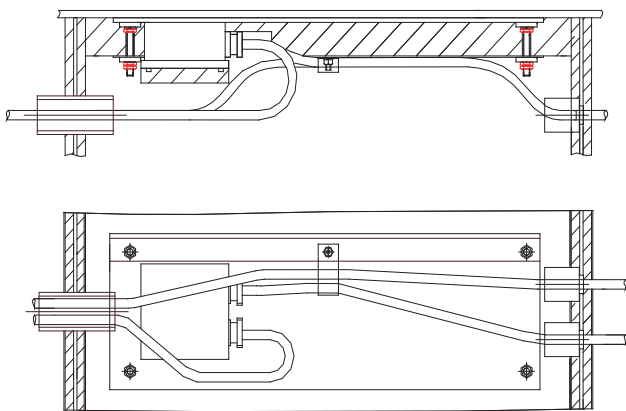


под настилом палуб, что исключает возможность их механического повреждения при палубных работах, не снижает прочность палуб и обеспечивает более равномерное распределение тепла по металлу в зоне обогрева. Теплопередача между электрообогревающими элементами и стальным настилом палуб из стального проката толщиной от 8 до 12 мм (и более) марки D36 по ГОСТ 5521–93 с коэффициентом теплопроводности 50–57 Вт/(м·К) обеспечивается за счет непосредственного контакта теплопроизводящей поверхности элементов со стальным настилом палуб, вертолетных площадок, трапов и переходных мостиков при выполнении всех требований разд. 15 ч. XI Правил РС и пп.1 пункта 4.3.1.1 Полярного кодекса.



**Рис. 4. Типовое размещение электрообогревающих элементов в подпалубных шпациях**

Электрообогреватель ЭОС-250, номинальное напряжение 380 В, площадь поверхности передачи тепла 86 700 мм<sup>2</sup>



**Рис. 5. Крепление электрообогревателя ЭОС-250 к плоской обогреваемой конструкции**

Необходимость хорошей теплоотдачи в сторону обогреваемого элемента и снижение теплопотерь обеспечивается установкой теплоизоляции. Теплоизоляция из плит типа TIZOL-FLOT по ТУ 5762-015-08621635–2011, устанавливаемая снизу, снижает теплоотдачу во внутренние помещения корабля, что повышает коэффициент полезного действия электрообогрева палуб. Теплопроводность плит при 10 °С составляет 0,034 – 0,038 Вт/(м·К). Рабочая температура плит допустима от –180 до +700 °С.

Резистивные элементы типа ЭОС кроме основного достоинства – питания от трехфазных сетей 50 Гц напряжением 380 В – обладают хорошей стойкостью к длительному нагреву до 170 °С, обеспечивают стабильную теплопередачу «металл-металл» и позволяют обеспечить удельное тепловыделение до 1500 Вт/м<sup>2</sup> без перегрева изоляции и обеспечивают быстрый прогрев стальной палубы до температур, исключающих условия начального обледенения и удаления корки льда толщиной до 3 мм. Срок службы грелок подпалубной установки без обслуживания – 30 лет. Необходимость своевременного включения и отключения обеспечиваются управляемой коммутацией силовых цепей напряжением 380 В.

**Гибкие кабельные нагреватели.** Величина тепловыделения в кабеле зависит от условий окружающей сре-

ды (коэффициент теплоотдачи в воздух при свободной конвекции колеблется в диапазоне 5 – 15 Вт/м<sup>2</sup>К, коэффициент теплоотдачи в воду имеет порядок 200 – 300 Вт/м<sup>2</sup>К), а поскольку линейная мощность тепловыделения (закон Ньютона–Рихмана) пропорциональна произведению разности температуры кабеля и окружающей среды на коэффициент теплоотдачи, соответственно в зависимости от теплопередачи получаем разные значения тепловыделения на обогрев.

Чем лучше теплосъем с кабеля, тем выше тепловыделение, таким образом, тепловыделение кабеля может увеличиваться в 2–2,5 раза в талой воде (при температуре 0 °С) по сравнению с кабелем в воздухе при той же температуре.

Резистивные кабели имеют фиксированное значение погонной мощности, их нагревательный элемент – это постоянное сопротивление в виде медной жилы со специальными примесями. При низкой температуре кабель не изменяет свою мощность. Начальные токи включения превышают номинальное значение на 10–15 %.

Такой кабель поддерживает постоянную мощность по всей длине и в месте перехлеста перегревается, что вызывает быстрое старение и разрушение его материала в этом месте. Электрический палубный нагрев резистивным кабелем нельзя использовать без терморегулятора и термодатчика.

Усредненные технические характеристики резистивного нагревательного кабеля: температура прогрева нагревательной жилы – 60 °С; температура плавления изоляции и оболочки – 100 °С; мощность тепловыделения – от 17 до 21 Вт/м длины.

В подпалубном пространстве имеется большое количество условий для появления локального перегрева, но при правильной установке на трубопроводах и воздухоприемниках кабель сможет служить до 20 лет.

Вариант электрообогрева палубных поверхностей резистивными кабелями показал недостаточное удельное тепловыделение – до 200 Вт/м<sup>2</sup>, которого достаточно только для борьбы с медленным обледенением. Выпускаются резистивные сборки с питанием от двухфазных сетей 220 В и трехфазных сетей 50 Гц напряжением 380 В. Необходимость своевременного включения и отключения обеспечиваются управляемой коммутацией силовых цепей. Недостаточный ресурс таких систем объясняется перегревом изоляции резистивного кабеля греющими жилами.

Саморегулирующие кабели обладают свойством менять свою мощность, их нагревательный элемент – нелинейное сопротивление («матрица»). Широко применяемые бытовые саморегулирующие кабели при температуре +10 °С потребляют 30 Вт, при температуре 0 °С в талой воде потребляют 40 Вт, при температуре ниже нуля – больше 40 Вт.

Начальные токи превышают номинальное значение в 2 раза, автоматику выбирают по параметрам пуска, что приводит к удорожанию щита управления обогревом.

Кабели не имеют перегрева, но ресурс материала «матрицы» ограничивает срок службы кабеля до 10 лет (есть исключения, например, саморегулирующийся кабель Fujikura имеет срок службы до 20 лет).

При понижении температуры полимер сжимается, связи между вкраплениями нарушаются, омическое сопротивление уменьшается, выделяемая мощность увеличивается. При повышении температуры процесс происходит в обратном направлении. Стоит отметить, что этот процесс саморегулирования происходит на любом участке кабеля отдельно от всего кабеля. Чем ниже температура, тем выше мощность греющего элемента (проводников с «матрицей»). Эти свойства саморегулирующегося кабеля позволяют использовать его для поддержания заданной температуры в строго заданном диапазоне без терморегулятора и термодатчика. Кабель саморегулирующегося типа гарантированно спасет трубы и воздухоприемники от ледяных и снежных пробок.

Применение саморегулирующих кабелей на морских объектах. Современные достижения технологии позволили использовать для целей электрообогрева саморегулирующие греющие кабели (СГК), регулирующие ток в зависимости от температуры. В соответствующих исполнениях и допустимо плотной укладке наиболее мощные СГК позволяют обеспечить удельное тепловыделение до 800 Вт/м<sup>2</sup> без перегрева изоляции. При повышении температуры ток в СГК снижается, но только до минимального значения. Основное преимущество СГК – их удобство монтажа на трубопроводных системах (на всасывающих патрубках, фитингах, на воздухоприемниках).

СГК используются для обогрева участков палуб, расположенных над взрывоопасными помещениями (исполнение IExeIIС ТЗ) или в местах, где из-за плотной компоновки оборудования, воздухопроводов и трасс затруднен доступ для обслуживания. Наиболее перспективные СГК обеспечивают:

- тепловыделение 95 Вт на 1 пог. м и передают тепло боковой контактной поверхностью через пластиковую изоляцию;
- автоматически уменьшают тепловыделение от 115 Вт/м при –40 °С до 100 Вт/м при 0 °С и до 95 Вт/м при + 15 °С (т.е. в зависимости температуры обогреваемой поверхности);
- размеры шпации позволяют укладывать 4, 6, 8 СГК без взаимного влияния между параллельно уложенными СГК (количество определяется расчетом);
- укладка параллельно 8 кабелей в каждую шпацию при средних отрицательных температурах палубы обеспечивают максимальную удельную теплопроизводительность до 862,5 Вт/м<sup>2</sup>.

Для обогрева трубопроводов и поручней трапов целесообразно использовать СГК с меньшей теплопроизводительностью.

## ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРООБОГРЕВА НА СУДАХ И КОРАБЛЯХ

Средства электрообогрева должны быть разделены на зоны, соответствующие областям вероятного оседания льда на палубы, борта, надстройки в опасном для судна количестве. Кроме этого, автоматически (т.е. без дополнительных действий команды судна) должна изменяться теплопроизводительность в заданных зонах с учетом курса относительно волны и ветра.

Выполненные АО «Новая ЭРА» расчеты, подтверждаемые экспериментами, показали эффективность применения смешанных систем электрообогрева.

Достаточность удельной мощности электрообогрева для таяния ледяной корки на наружных поверхностях подтверждается теплотехническими расчетами с учетом граничных условий плавания (в более соленых морях и более пресных), натурными экспериментами и опытом эксплуатации. Промежуточные расчеты используются для изменения размещения электрообогревающих элементов и уточнения способа управления обогревом на судне в целом.

Полная мощность электрообогрева выбирается по параметрам режима антиобледенения при крайне тяжелых климатических условиях, однако при малом и среднем обледенении необходимо снижение мощности. Управление электрообогревом возможно:

- заданием режима автоматического поддержания температуры палуб (повторно-кратковременное включение по уставкам температур обогреваемых участков);
- ручное, с местных щитов управления, включение обогрева отдельных групп электрообогревающих элементов, подсоединенных к одному фидеру щита;
- дистанционное с верхнего уровня от корабельной системы управления техническими средствами (КСУ ТС) по условиям плавания, с учетом изменения качки и метацентрической высоты.

При подготовке к походу должны быть учтены справочные данные и сведения о характеристиках морской воды и подвижных фракций льда в осенне-зимне-весенний период в районах плавания. Кроме этого, для обеспечения безопасности плавания необходимо автоматически учитывать рекомендации, указанные в наставлениях НБЖ ТС [5]:

- использовать универсальную диаграмму качки для выбора оптимального курса и скорости судна;
- проверять значение поперечной метацентрической высоты по периоду качки, а также запас остойчивости по диаграмме допустимой зоны усиленной качки;
- вести контроль за остойчивостью судна по периоду качки (при увеличении его на 20–25 % немедленно принимать меры к увеличению остойчивости).

Разработка системы электрообогрева (СЭО) ведется на самых поздних стадиях проектирования, когда известно размещение оборудования и сформированы требуемые зоны антиобледенения. Требуется учет всех особенностей конструкции судна, режимов работы оборудования по модели эксплуатации, а затем практическая проверка при швартовных и ходовых испытаниях. Изменения на судне в постройке чрезвычайно трудоемки, поэтому большое внимание должно уделяться опыту эксплуатации и достоверным расчетам.

АО «Новая ЭРА» поставляет электрообогревающие палубные системы на корабли, начиная с 2000 г. Создавались безопасные условия для работы палубной авиации как на крупных, так и средних водоизмещающих кораблях. Средства электрообогрева поставлены и эксплуатируются на более чем 100 кораблях. В связи с повышением роли летательных аппаратов для их использования в морских условиях осуществляется комплексные поставки корабельного оборудования для предстартовой подготовки, включая подготовку палубы и заканчивая пуском двигателя. Во всех случаях применялись средства, получающие питание от основной корабельной сети 3ф, 50 Гц, 380 В, не требующее дополнительного электроэнергетического оборудования.

ООО «Би Питрон» первым применил на российских судах отечественные саморегулирующие греющие кабели, что привело к повышению готовности к работе воздухозаборных наружных устройств главных двигателей и главных дизель-генераторов.

На основе СГК по заданию проектантов судов и кораблей предприятиями судостроительной прорабатываются и предлагаются варианты обогрева специальных систем, люков, дверей, палубных проходов и др.

## ВЫВОДЫ

В различных нормативных документах приводятся приблизительно равные величины требуемой тепловой мощности для борьбы с обледенением. Тем не менее на основе вышеизложенного обобщения практических наблюдений и исследований, изложенных в опубликованной литературе, при неблагоприятных условиях установленная мощность должна быть не менее чем в 1,5 раза больше нормируемой для исключения сильного обледенения палубных зон посадочных площадок и «человеческого фактора». Также необходим контроль за остойчивостью судна среднего водоизмещения и должно быть предусмотрено регулирование обогрева зон в соответствии с курсом к волне и изменением амплитуды крена и метацентрической высоты.

Предлагаемые по существующим нормативам средства электрообогрева палубных проходов предназначены для средних широт и не всегда смогут справиться с арктическим обледенением и «ледяным штормом».

Проведенные АО «Новая ЭРА» эксперименты на основе предварительных расчетов для самых неблагоприятных условий подтвердили многолетний опыт эксплуатации средств



электрообогрева на вертолетных и взлетно-посадочных палубах различных судов и кораблей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Атлас-справочник по обледенению судов на акваториях Дальневосточных морей/ ГУ «ДВНИГМИ», А.Г. Петров, Е.И. Стасюк. Владивосток – 2011 – <http://ferhri.ru/napravleniya-rabot/2017-06-25-23-13-34/2017-07-27-02-04-45/85-atlas-spravochnik-po-obledeneniyu-sudov-na-akvatoriyakh-dv-morej.html>
2. Синоптические процессы Дальнего Востока/ Aozora, 2013. – <https://docplayer.ru/37063522-Sinopticheskie-processy-delnego-vostoka.htm>
3. Петров А.Г. Обледенение судов на акваториях дальневосточных морей // Fishnews – Новости рыболовства. – 2013. – <https://fishnews.ru/rubric/kрупnyim-planom/6385>
4. Гордиенко А.И., Дремлюг В. В. Гидрометеорологическое обеспечение судоходства: Учеб. для вузов мор. транспорта. – М.: Транспорт, 1989. – 240 с. – <https://www.sci.house/sudohodstvo-kniga-scibook/gidrometeorologicheskoe-obespechenie-sudovojden.html>
5. Наставление по борьбе за живучесть морских и речных судов таможенных органов Российской Федерации (НБЖ-ТС-2008), Гл. XIV: Борьба с обледенением судна.
6. Качурин Л.К., Смирнов И.А., Гашиш Л.И. Обледенение судов: Учеб. пособие. – Л.: ЛПИ им. М.И. Калинина, ВОК ВМФ, 1980.
7. Лоции Северных морей (обобщенные сведения). – <http://allrefrs.ru/1-2980.html>
8. Опасные и особо опасные гидрометеорологические явления. – «Информационные ресурсы ТОИ. Океанография». – Сер. информ. продуктов ТОИ ДВО РАН. – Т. 11. – [http://pacificinfo.ru/data/cdrom/11/html/3\\_4\\_11.html](http://pacificinfo.ru/data/cdrom/11/html/3_4_11.html)
9. Яковлева Н.П., Дымов В.И., Пасечник Т.А., Алексеев В.В. Численные методы расчета брызгового обледенения судов // Проблемы Арктики и Антарктики. – 2012. – Вып. 2(92).
10. Сообщения службы погоды США – прогнозы обледенения судов по методике (алгоритму) Оверлэнда. – U.S. Navy. Cold Weather Handbook for Surface Ships. 1988. OPNAV P-03C-01-89, Chief of Naval Operations, Washington DC. URL: <http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?Location=U2&doc=GetTRDoc.pdf&AD=ADA247850>
11. Солдатенков А.Е. Обледенение судов и борьба с ним // Мореходство и морские науки – 2011. – №(3). – С. 280–287.
12. Руководство по применению положений Международного кодекса для судов, эксплуатирующихся в полярных водах (Полярного кодекса), НД № 2-030101-031/ РС, 2017.
13. Международный кодекс для судов, эксплуатирующихся в полярных водах (Полярный кодекс, гл. 3–6) // Морской флот. – 2017. – №1. – <http://www.morvesti.ru/tems/detail.php?ID=64318>
14. Энциклопедия Арктики (с учетом стандарта NORSOK N-003). – [https://narfu.ru/aan/Encyclopedia\\_Arctic/Rus\\_Nor\\_INTSOK.pdf](https://narfu.ru/aan/Encyclopedia_Arctic/Rus_Nor_INTSOK.pdf)

В настоящее время в соответствии с планами и требованиями Президента РФ, федеральными законами РФ, распоряжениями Правительства РФ по импортозамещению возникла необходимость оснащения (модернизации) корабельных и берегового базирования маломерных плавсредств гражданского флота и Минобороны России пропульсивными комплексами и дизельными двигателями морского исполнения отечественного производства.

В 2014 г. поставки корабельных двигателей в Россию прекратила немецкая компания MTU. В начале 2019 г. стало известно об отказе американской Mercruiser Marine, поставляющей стационарные и подвесные двигатели для катеров, оказывать техническую поддержку крымским силовикам.

Затем последовал отказ от поставки дизельных двигателей компании Volvo-Penta (Швеция), которые устанавливали на целый ряд судов и катеров. Такими двигателями оснащены малые пограничные катера пр. 21850 «Чибис», экспортная версия малого скоростного патрульного катера пр. 12260 «Ястреб», катера Lake Verf 12M, бортовые баркасы авианосца «Викрамадитья» и др. Дизель-генераторами Volvo-Penta оборудованы малые десантные корабли пр. 12322 «Мордовия» и «Евгений Кочешков», а также научно-исследовательские суда.

С целью выхода из создавшегося положения принят ряд мер.

Есть предложения стационарных двигателей отечественных производителей и от поставщиков импортной защищенной от санкций продукции. В частности, ПАО «Автодизель» сейчас

## КРАТКИЙ ОБЗОР СОСТОЯНИЯ РЫНКА СТАЦИОНАРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ДЛЯ МАЛОМЕРНОГО ФЛОТА ПРЕДЛОЖЕНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

*К.Э. Елизаров, начальник отдела пропульсивных установок ООО «Винета», контакт. тел. +7(962) 695 2880*

проходит процедуру сертификации судовых версий ЯМЗ-850 (мощность – 560 л.с.) в Российском морском регистре (РМРС). Существует проект маринизации ЯМЗ-530. Тутаевский моторный завод представил опытный образец многоцелевого дизеля ТМЗ-880 мощностью 450 л.с., который в перспективе может использоваться в качестве судового. К середине 2019 г. на российский рынок планируют вывести адаптированные под требования РМРС двигатели Минского моторного завода. Также существует модификация двигателя на базе ЗМЗ51432.10 – морская силовая установка Z514 мощностью до 160 л.с. Ее, в частности, планируют тестировать с импортозамещенными водометами в рамках финансируемой Минпромторгом ОКР «Слеминг».

Из продукции зарубежных компаний на российском рынке зарекомендовали себя японские дизели Yanmar Marine и южнокорейские Doosan. До сих пор продолжают поставки в Россию немецких двигателей MAN, хотя позиция ФРГ по расширению ограничений поставок вызывает беспокойство.



Рис. 1. Общий вид двигателя ЯМЗ-534

Таким образом, ситуация со стационарными дизелями для катеров силовых ведомств РФ не выглядит угрожающей – широкий выбор порождает в конкурентной борьбе интересные предложения. Одно из них поступило

## Характеристики двигателя ЗМЗ51432.10

### Характеристика

|  |  |
|--|--|
| Тип двигателя.....   | Дизельный, с непосредственным впрыском, турбонаддувом и промежуточным охлаждением наддувочного воздуха |
| Рабочий объем, л .....   | 2,2  |
| Степень сжатия .....   | 19   |
| Топливо .....  | Дизельное топливо по ГОСТ 305–22013  |
| Масло моторное .....   | Масло моторное по ГОСТ 12337–84  |
| Количество цилиндров и их расположение .....   | 4, вертикально рядное  |
| Макс. мощность (не менее), кВт (л.с.), при частоте коленчатого вала, мин <sup>-1</sup> ..... | 125 (168)<br>3500  |
| Макс. крутящий момент (не менее), Н·м, при частоте коленчатого вала, мин <sup>-1</sup> ..... | 340<br>(2300–3200)   |
| Миним. удельный расход топлива, (не более) г/кВт·ч .....                                     | 195  |

### Значение

- выхлопная система – выхлопной коллектор с жидкостным охлаждением для снижения температуры в моторном отсеке и охлаждения наддувочного воздуха;
- система подготовки топлива;
- система управления работой двигателя – адаптация отечественного блока управления (ЭБУД) двигателем для оптимизации основных показателей внешних характеристик (перераспределение крутящего момента, оптимизация расхода топлива, снижение токсичности отработанных газов и проч.), водозащищенная моторная электропроводка.

от предприятия ООО «Винета», которое в инициативном порядке проводит необходимый комплекс мероприятий по разработке и изготовлению опытного образца конвертированного дизельного двигателя на основе автомобильных двигателей ПАО «ЯРДИЗЕЛЬ» модели ЯМЗ-534 мощностью до 260 л.с. и ЯМЗ-536 мощностью до 450 л.с.

Основное внимание уделяется оптимизации режимов работы автомобильного двигателя под винтовую нагрузку, что достигается изменением стандартных топливных карт в электронном блоке управления. Это позволяет добиться снижения расхода топлива при сохранении высоких показателей крутящего момента и частоты оборотов двигателей, отвечающих требованиям винтовых характеристик водометов. С экономичес-

кой точки зрения замена импортного двигателя на отечественный со схожими техническими характеристиками на сегодняшнем этапе дает выгоду не более 15% от цены. Однако в эксплуатации, особенно при плановых или аварийных ремонтах, выгода достигает кратных величин. Также следует учитывать доступность запасных частей и комплектующих к отечественным двигателям или создание подменного фонда для оперативного восстановления работоспособности плавсредства.

В настоящее время ведется разработка и изготовление деталей и оборудования для двигателя ЯМЗ-534, а именно:

- система охлаждения: водо-водяной и водовоздушный теплообменники морского исполнения для замены автомобильных радиаторов;

По итогам работы будут проведены заводские испытания для подтверждения полученных характеристик. При положительных результатах заводских испытаний планируется обращение в РМРС и Российский речной регистр судоходства для получения свидетельств о типовом одобрении.

В 2020 г. планируется установка одного из двигателей на опытовый образец катера собственного изготовления с приводом на водометный движитель отечественного производства для проверки ходовых и ресурсных качеств движительного комплекса.

Значительное внимание при разработке пропульсивного комплекса уделяется системам управления двигателем и движителем, а также оригинальному программному обеспечению

*Таблица*

### Характеристики двигателей

| Характеристика  | ЯМЗ-534  | ЯМЗ-536  |
|---|--|--|
| Тип двигателей  | Дизельный, с непосредственным впрыском, турбонаддувом и промежуточным охлаждением наддувочного воздуха | Дизельный, с непосредственным впрыском, турбонаддувом и промежуточным охлаждением наддувочного воздуха |
| Рабочий объем, л  | 4,43   | 6,65   |
| Количество цилиндров и их расположение  | 4, вертикально рядное  | 6, вертикально рядное  |
| Номинальная мощность (не менее), кВт (л.с.) при частоте коленчатого вала, мин <sup>-1</sup> | 220 (300)<br>3100  | 294 (400)<br>2800  |
| Макс. крутящий момент (не менее), Н·м, при частоте коленчатого вала, мин <sup>-1</sup>      | 800<br>(1700–2600)   | 1600<br>(1400–2300)  |
| Миним. удельный расход топлива, (не более) г/кВт·ч  | 197  | 195  |
| Напряжение электрооборудования, В   | 24   | 24   |
| Ресурс до капитального ремонта, ч   | 8000   | 8000   |



Рис. 2. Общий вид катера VIN-MASTER 9000

и использованию современных отечественных технологий.

С целью решения приведенных выше задач предприятие приобретает испытательное оборудование для проверки основных показателей работы двигателей на своей территории.

Двигатели предназначены для маломерных плавсредств длиной от 7 до 12 м и могут агрегатироваться движителями различных типов: водометными установками, поворотнo-откидными колонками, гребным винтом. ■



В современном судостроении, несмотря на распространение пропульсивных комплексов с вертикальным расположением вала подвода мощности, достаточно часто применяют традиционную схему передачи мощности с помощью системы валов, благодаря ее конструктивной простоте, надежности и ремонтнопригодности. Валопровод судна – одна из основных систем, обеспечивающих его жизнедеятельность. При эксплуатации валопровода самым уязвимым местом является гребной вал [1].

Меры по повышению эксплуатационной надежности такой системы необходимо принимать еще на этапе проектирования, где определяются материалы валов и их размеры, а также проводится ряд проектировочных и проверочных расчетов.

### РАСЧЕТНАЯ СХЕМА ДЛЯ ПРОВЕРКИ СТАТИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ

Один из обязательных этапов проектирования системы судового валопровода – составление расчетной схемы для определения реакций опор и формы изогнутой нейтральной оси валопровода, на основании которой проводится проверка валов на статическую прочность при сложном напряженном состоянии.

Целью расчета на статическую прочность согласно РД 5.4307 «Валопроводы судовые. Правила и нормы проектирования» является исключение появления пластических деформаций в опасных сечениях вала. Расчет выполняется с учетом того, что в сечении вала одновременно действуют как нормальные, так и касательные напряжения.

Общее приведенное напряжение в сечении вала рассчитывается так:

$$\sigma_{\text{п}} = \sqrt{(\sigma_{\text{сж}} + \sigma_{\text{н}})^2 + 3\tau_{\text{к}}^2},$$

где  $\sigma_{\text{сж}}$  – напряжение сжатия, создаваемое силой упора гребного винта;  $\sigma_{\text{н}}$  – наибольшее расчетное напряжение от изгиба;  $\tau_{\text{к}}$  – касательные напряжения от кручения.

Расчет прочности гребного вала проводят для участка между подшипниками в дейдвудной трубе и консоли, на которой подвешен винт. При расчете напряжения в сечении вала, вызванного его изгибом, используется расчетная схема, где вал моделируется балкой постоянного сечения, свободно лежащей на двух точечных упругих опорах А и В. Создаваемые нагрузки уравновешены опорными реакциями  $R_A$  и  $R_B$  [2]. Вес гребного винта  $G_B$  моделируется сосредоточенной силой, приложенной в центре консоли  $l_0$  длиной  $l_k$  (рис. 1).

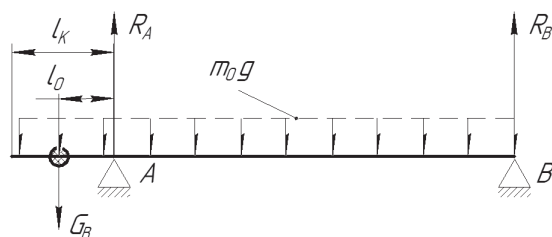


Рис. 1. Расчетная схема для определения напряжения от изгиба

Нормальное напряжение вала от изгиба рассчитывается по формуле

$$\sigma_{\text{н}} = \frac{32}{\pi d^3} \left( G_B l_0 + \frac{m_0 g l_k^2}{2} \right),$$

где  $G_B = 1,47 D_B^3 \theta$ ;  $\theta$  – дисковое отношение винта;  $D_B$  – диаметр винта;  $m_0 g$  – распределенная нагрузка, моделирующая вес вала.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА СТАТИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ВАЛОПРОВОДА СУДА

Г.А. Кушнер, канд. техн. наук, доцент,

В.А. Мамонтов, д-р техн. наук, доцент,

ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет»,  
контакт. тел. +7(8512) 614 190

В принятой расчетной схеме не учтены упругие свойства и длина дейдвудных подшипников. Согласно такой расчетной схеме, результат расчета напряженно-деформированного состояния гребного вала можно использовать для предварительной оценки на этапе эскизного проекта валопровода, поскольку принятые допущения при моделировании гребного вала балкой на точечных опорах могут оказывать существенное влияние на точность получаемых величин нормальных напряжений.

### ИЗГИБ ГРЕБНОГО ВАЛА С УЧЕТОМ ЖЕСТКОСТИ И ДЛИНЫ ПОДШИПНИКА

В работе предложена методика расчета напряженно-деформированного состояния гребного вала, частично опирающегося на протяженный дейдвудный подшипник. Расчетная схема представлена на рис. 2.

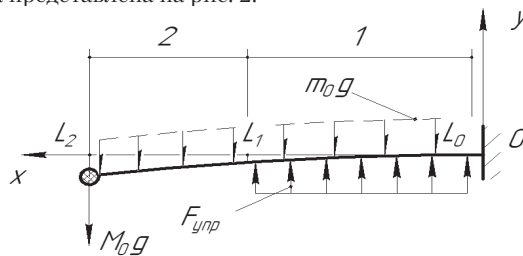


Рис. 2. Расчетная схема гребного вала на протяженном упругом подшипнике

1 и 2 – участки гребного вала,  $L_0, L_1$  – координаты носовой и кормовой оконечности дейдвудного подшипника соответственно,  $F_{\text{упр}}$  – сила упругости, создаваемая подшипником,  $M_0$  – масса гребного винта

Расчетная схема состоит из двух участков:

- 1)  $L_0 \leq x \leq L_1$  – часть вала, опирающаяся на подшипник,  $L_0 = 0$ ;
- 2)  $L_1 \leq x \leq L_2$  – консольная часть вала между подшипником и гребным винтом.

Дифференциальное уравнение кривой  $y(x)$ , по которой изгибается нейтральная ось вала при малых деформациях, имеет вид

$$EJy''(x) = M(x),$$

где  $EJ$  – изгибная жесткость вала;  $M(x)$  – приведенный изгибающий момент, равный сумме моментов всех сил относительно нейтрального слоя вала.

Для каждого из участков  $[0, L_1]$  и  $[L_1, L_2]$  получены дифференциальные уравнения упругой линии:

$$EJy_1''(x) = M_{\text{упр}}(x) + M_{\text{вала}}(x) + M_{\text{винта}}(x),$$

$$EJy_2''(x) = M_{\text{вала}}(x) + M_{\text{винта}}(x).$$

Общие решения уравнений на участках имеют вид:

$$y_1(x) = (C_1 e^{-\gamma x} + C_2 e^{\gamma x}) \cos(\gamma x) - (C_3 e^{-\gamma x} + C_4 e^{\gamma x}) \sin(\gamma x) - \frac{m_0 g}{k};$$

$$y_2(x) = -\frac{m_0 g}{24EJ} x^4 + S_3 x^3 + S_2 x^2 + S_1 x + S_0,$$

где  $C_1, \dots, C_4$  и  $S_0, \dots, S_3$  – произвольные постоянные,  $\gamma = \sqrt[4]{k/4EJ}$ ,  $k$  – коэффициент жесткости дейдвудного подшипника.

Постоянные  $C_1, \dots, C_4$  и  $S_0, \dots, S_3$  однозначно определяют из граничных условий в точках на концах гребного вала  $x=0$  и  $x=L_2$ :

$$y_1(0)=0, y_1'(0)=0, y_2''(L_2)=0, EJy_2^{(3)}(L_2)=M_0g,$$

а также из условий гладкой склейки функций  $y_1(x)$  и  $y_2(x)$  в точке  $x=L_1$ :

$$y_1(L_1)=y_2(L_1), y_1'(L_1)=y_2'(L_1), \\ y_1''(L_1)=y_2''(L_1), y_1^{(3)}(L_1)=y_2^{(3)}(L_1).$$

Таким образом, изгиб гребного вала задается системой уравнений

$$y(x) = \begin{cases} y_1(x), & x \in [0, L_1], \\ y_2(x), & x \in [L_1, L_2]. \end{cases}$$

### ПРИМЕР РАСЧЕТА ГРЕБНОГО ВАЛА СОГЛАСНО ПРЕДЛАГАЕМОЙ МЕТОДИКЕ

Рассмотрим частный случай применения предлагаемой расчетной схемы для следующих параметров системы:

$L_0=0$  м,  $L_1=2,45$  м,  $L_2=3,32$  м,  $M_0=553$  кг,  $m_0=120$  кг/м,

$$EJ=3,914 \cdot 10^6 \text{ Н} \cdot \text{м}^2, k=1,59 \cdot 10^9 \text{ Па}.$$

В этом случае постоянные  $C_1, \dots, C_4$  и  $S_0, \dots, S_3$  и принимают следующие значения:

$$\begin{aligned} C_1 &= 7,15938 \cdot 10^{-7} & S_0 &= -0,73239 \cdot 10^{-2} \\ C_2 &= 2,44383 \cdot 10^{-8} & S_1 &= 0,84181 \cdot 10^{-2} \\ C_3 &= -7,3170 \cdot 10^{-7} & S_2 &= -0,62592 \cdot 10^{-3} \\ C_4 &= 4,02085 \cdot 10^{-8} & S_3 &= 0,23846 \cdot 10^{-3} \end{aligned}$$

Полученная зависимость позволяет построить график, описывающий форму изгиба гребного вала (рис. 3). Анализируя полученную форму, необходимо отметить, что в кормовой части дейдвудного подшипника гребной вал «поднимается», это подтверждает невозможность обеспечения полного контакта вала с подшипником. Эффект кромочного опирания вала подтвержден экспериментально [3].

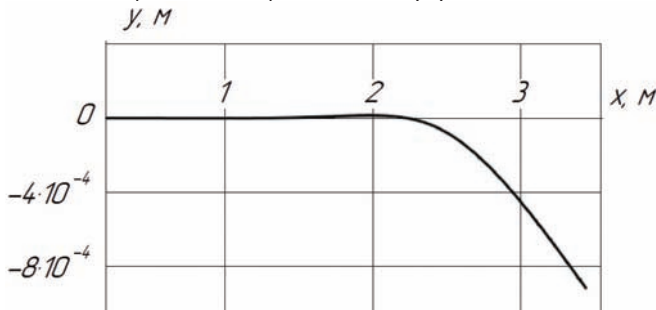


Рис. 3. Форма изгиба нейтрального слоя гребного вала

В качестве приложения к полученным зависимостям построен график распределения изгибающего момента  $M(x)$  по длине вала:

$$M(x) = EJy''(x).$$

Для каждого из участков  $[0, L_1]$  и  $[L_1, L_2]$  уравнения имеют вид

$$y_1''(x) = 2\gamma(e^{-\gamma x} \cos(\gamma x)C_3 + e^{-\gamma x} \sin(\gamma x)C_1 - e^{\gamma x} \cos(\gamma x)C_4 - e^{\gamma x} \sin(\gamma x)C_2),$$

$$y_2''(x) = -\frac{m_0 g x^2}{2EJ} + S_3 x + S_2,$$

На рис. 4 представлен график зависимости изгибающего момента от координаты сечения вала.

Производная функции  $M'(x)$  изгибающего момента представляет собой распределение перерезывающей силы. Числен-

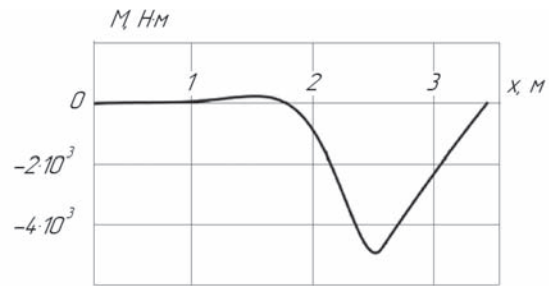


Рис. 4. Распределение изгибающего момента  $M(x)$  по длине вала

ное решение трансцендентного уравнения  $M'(x)=0$ , позволяет получить локальные экстремумы функции  $M(x)$ :

$$(C_1 - C_3)\cos(\gamma x) - \sin(\gamma x)(C_1 + C_3)e^{-\gamma x} - e^{\gamma x}(C_2 + C_4)\cos(\gamma x) + \sin(\gamma x)(C_2 - C_4) = 0.$$

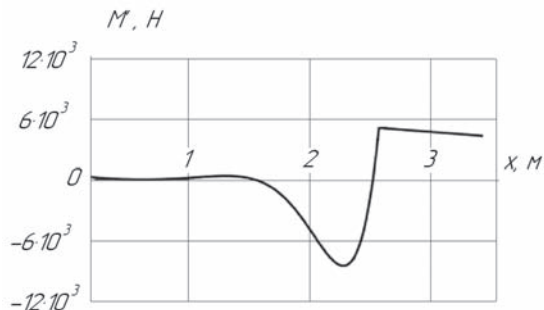


Рис. 5. Распределение перерезывающей силы по длине вала

График функции  $M'(x)$  представлен на рис. 5. Уравнение  $M'(x)=0$  имеет два корня: 1,409 и 2,399. Значения изгибающего момента в этих точках равны 229,531 и -5322,359 Н·м соответственно.

Полученные зависимости позволяют проводить расчет статической прочности гребных валов с заданным модулем упругости материала и осевым моментом инерции сечения, опирающихся на протяженный упругий дейдвудный подшипник.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленная в работе методика может использоваться при проектировании системы судового валопровода в части расчета параметров изгиба валов при статическом нагружении. Значения изгибающего момента позволяют оценить напряжения изгиба на «опасных» участках, а также найти минимальный требуемый момент сопротивления сечения вала по максимальному расчетному моменту. Результаты вычислений позволяют уточнить расчетные значения диаметра гребного вала, а последующий учет коэффициентов усиления и конструктивного исполнения даст возможность окончательно принять линейные размеры элементов валопровода.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Хмелевская В. Б., Мосейко Е. С. Исследование покрытия плазменного напыления с ультразвуковой обработкой для упрочнения судовых гребных валов // Металлообработка. – 2012. – №1 (67). – С. 40–43.
2. Гаврилюк Р. Н. Исследование нагружения подшипников судового валопровода // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. – 2011. – № 1 (9). – С. 48–53.
3. Абрамович Б.Г., Меркулов В.А. Уточнение метода расчета изгибных колебаний судовых валопроводов // Судостроение. – 1977. – № 10. – С. 24–28. ■



Проблема обеспечения пожаробезопасности кораблей и судов, как показывает опыт их эксплуатации, остается актуальной и требует дальнейших шагов на пути ее решения.

Цена последствий пожаров, возникающих на морских объектах, бывает порой неизмеримо высокой. Специалистам хорошо понятна комплексность данной проблемы, широкое многообразие направлений ее решения. К ним можно отнести: совершенствование конструкции отсеков корабля; определение потенциально пожароопасного оборудования в них, способного при нарушении нормального функционирования стать источником пожарной опасности (реализация концепции предаварийного контроля такого оборудования); разработку облика перспективных комплексных систем оценки пожарной опасности в корабельных отсеках; совершенствование систем информационной поддержки личного состава, принимающего участие в обеспечении пожарной безопасности корабля, добываясь повышения ее информативности, быстродействия, снижения вероятности принятия ложного решения; разработку новых перспективных средств обнаружения пожарной опасности; совершенствование организации борьбы с пожаром на корабле (судне) и т. д. Конечно, это далеко не полный перечень тех направлений, реализация которых позволила бы продвинуться в предупреждении корабельных пожаров и борьбе с ними в случае возникновения.

В рамках объема данной статьи ее авторы предлагают к рассмотрению одно из направлений повышения эффективности средств оценки пожарной опасности в корабельных отсеках за счет использования в их составе электроиндукционного пожарного извещателя (далее ЭИПИ) как принципиально нового для таких корабельных систем технического устройства.

Вместе с тем ниже приводится краткий обзор и других перспективных технических средств, позволяющих оценивать предпожарную обстановку в корабельных отсеках.

## ОБЗОР ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОБНАРУЖЕНИЯ ПРЕДПОЖАРНОЙ СИТУАЦИИ

**Газовые пожарные извещатели (датчики).** Проведенные эксперименты показывают, что газовые пожарные извещатели наиболее эффективны на начальной стадии пожара, что обеспечивает достаточный запас времени для принятия мер по ликвидации возгорания. Такие системы раннего предупреждения пожара для большинства материалов должны базироваться на анализе двух газовых компонентов в атмосфере помещения: водорода  $H_2$  и оксида углерода  $CO$  (рис. 1).

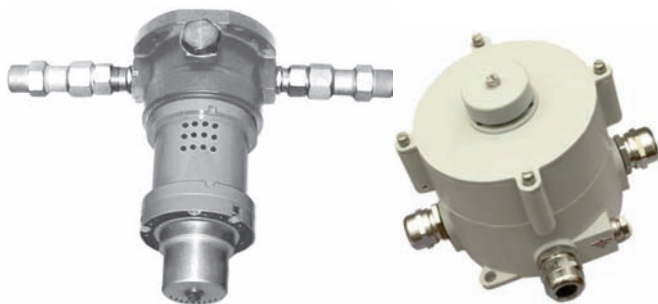


Рис. 1. Извещатели газовые комбинированные  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $H_2$ ,  $CH_4$

Контроль  $CO_2$  для раннего обнаружения неэффективен, поскольку этот газ образуется уже при интенсивном горе-

# ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СРЕДСТВ ОЦЕНКИ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ В КОРАБЕЛЬНЫХ ОТСЕКАХ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В ИХ СОСТАВЕ ЭЛЕКТРОИНДУКЦИОННОГО ПОЖАРНОГО ИЗВЕЩАТЕЛЯ (ЭИПИ)

*В.А. Колесник, д-р техн. наук, проф.,  
В.Н. Круглеевский, д-р техн. наук, ст. науч. сотрудник,  
А.В. Марковский, канд. техн. наук, преподаватель,  
М.В. Марковский, преподаватель,  
ВМПИ ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия»,  
контакт. тел. +7(921) 341 8771, +7(921) 923 7644, nposzsa@mail.ru*

нии, когда срабатывают извещатели, работающие на других принципах (тепловые, оптические). Преимущество газовых пожарных извещателей – не только обнаружение пожара на ранней стадии, но и возможность оценки токсичности среды рабочей зоны в местах пребывания людей (при нормальном регламентном режиме работы технологического оборудования). Высокая чувствительность к водороду (для  $H_2$  – от 0,01 ppm), селективность, быстродействие и невысокая стоимость полупроводниковых газовых датчиков можно рассматривать как их преимущества в сравнении с пожарными извещателями других типов. Используемые в них физико-химические принципы детектирования сигналов сочетаются с современными микроэлектронными технологиями, что обуславливает невысокую стоимость изделий при массовом производстве и высокие технические характеристики. Преимущество газового извещателя пожарного на  $CO$  перед дымовыми извещателями позволяет обнаруживать пожар на сверх ранних стадиях. Угарный газ, на который он реагирует, выделяется быстрее, чем дым, распространяется независимо от температуры помещения и для его обнаружения необходимо значительно меньшее количество. Недостаток газовых извещателей – их короткий срок службы: 5 лет для извещателя отечественного производства и 10 лет для зарубежного.

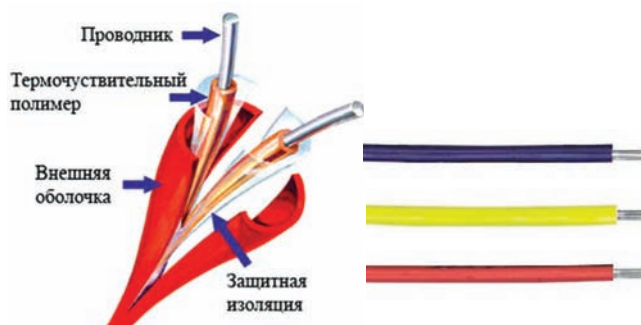


Рис. 2. Схема и внешний вид термокабелей различных типов: PHSC-6893-TRI PHSC-155-EPC и PHSC-280-EPC

**Термокабель.** Линейный тепловой извещатель – термокабель – предназначен для обнаружения возгораний при увеличении температуры окружающей среды на любом участке на всем его протяжении. Термокабель представляет собой датчик непрерывного действия и применяется в тех случаях, когда условия не позволяют установку и использование тепловых точечных извещателей (рис. 2).

Основные преимущества термокабеля:  
– определенная (заданная) температура срабатывания на всем протяжении термокабеля;

- выдача сигнала «тревога» по шести значениям температуры;
- высокая устойчивость к влажности, пыли, загрязнению, низким температурам и химическим реагентам;
- отсутствие расходов на его эксплуатацию;
- возможность сопряжения с другими системами контроля пожарной опасности;
- отсутствие специального регламента технического обслуживания, длительный срок службы (более 25 лет).

Кабель можно использовать в кабельных трассах, трансформаторах, ангарх, цистернах и керосинохранилищах.

К недостаткам такого кабеля следует отнести то, что это не перенастраиваемая по температуре система. Такие извещатели не отличают пожар от короткого замыкания и могут быть легко повреждены при эксплуатации.

**Масс-спектрометрический газоанализатор (МСГ)** – предназначен для контроля газовой среды в целях прогнозирования предпожарных ситуаций на кораблях путем обнаружения реперов предаварийных состояний. Масс-спектрометрический контроль (рис. 3) продуктов термодеструкции различных материалов позволяет контролировать предпожарное состояние отсека и тем самым обеспечивать высокую достоверность идентификации источника предпожарного состояния.



Рис. 3. Хроматомасс-спектрометрические системы ИХМС 011 и «Кристалл МС»

Проведенный анализ выявил ряд недостатков масс-спектрометрии как одного из способов контроля предпожарной обстановки, а именно: высокие стоимость и массогабаритные характеристики, повышенные требования к квалификации специалистов, эксплуатирующих их. Кроме того, необходима ежегодная поверка системы в береговых условиях.

### СИСТЕМА ВИДЕОМОНИТОРИНГА КОРАБЕЛЬНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ (СКМ)

При оценке предаварийной ситуации и принятии решения по предупреждающим действиям рекомендуется применять систему видеомониторинга с помощью видеокамер (рис. 4). Видеокадр из отсека, в котором сработал извещатель пожарной сигнализации (как дополнительная информация) позволяет быстро выбрать тактику борьбы с аварией, без предварительного запроса доклада из отсека; система СКМ построена по модульному принципу и позволяет формировать конкретные конфигурации системы мониторинга с учетом конкретных требований заказа. Конкретные функции СКМ и ее конфигурация, требования к программному обеспечению, интерфейсу пользователя определяются на этапе «привязки» системы к заказу.

Система корабельного мониторинга может решать различные задачи:

- контроль несанкционированного проникновения в охраняемую зону;
- оценка пожароопасной ситуации, мониторинг помещений повышенной опасности с целью обнаружения нештатной ситуации (появление дыма, пара, очагов горения и т.д.) на ранней стадии;
- контроль за морской и воздушной обстановкой вблизи бортов судна;
- контроль за работой оборудования, взаимодействие с комплексом технических средств охранной и пожарной автоматики.



Рис. 4. Видеокамеры СКМ

Основные достоинства систем видеомониторинга:

- отработанное корабельное исполнение;
  - возможность подключения до 64 камер (на один сервер видеонаблюдения);
  - наличие видеоархива (при необходимости);
  - интеграция по интерфейсу RS-485 с имеющимися КСУ ТС;
  - возможность интеграции тепловизоров.
- Недостатки системы мониторинга:
- высокая стоимость, вследствие чего их не ставят в каждом помещении;
  - невозможность охвата всего энергетического отсека из-за большой плотности оборудования;
  - неспособность контролировать температурное поле в отсеках корабля [1,2].

**Тепловизионный контроль (тепловизоры).** Применение тепловизионных переносных камер позволяет выявлять участки локальных перегревов оборудования, электрического кабеля, ограждающих конструкций. Это помогает своевременно обнаружить потенциальный источник аварии и оперативно его ликвидировать. Тепловизор дает возможность в реальном времени проводить бесконтактные температурные измерения поверхности объекта. Получаемая картинка распределения тепловых полей называется термограммой. Она представляет собой тепловую карту, где наиболее теплые точки отмечены красным цветом, а наиболее холодные – синим и черным. Таким образом, можно наглядно увидеть места локального перегрева и предпринять необходимые меры по устранению его причин. С помощью тепловизора можно обнаружить неполадки в электрооборудовании: проверить качество контакта в узловых соединениях, состояние термоизоляции и защитных покрытий электрической проводки. Перегрев электродвигателей, трансформаторов, силовых линий, утечки газа, различные испарения визуализируются на экране.

Современные тепловизоры, предназначенные для применения в противопожарных системах, обладают жаропрочными, водопылезащищенными корпусами, не боятся ударов и падений. Одной из ведущих фирм в области тепловидения является компания Flir. На рис. 5 представлен тепловизор, предлагаемый этой фирмой. Существуют и отечественные образцы подобной техники, например, выпускаемые торгово-производственным предприятием «Пеленг».



Рис. 5. Тепловизор пожарный Flir 2K

Для оценки пожароопасной ситуации предлагается активно использовать тепловизоры как составные части системы мониторинга. Единственный сдерживающий фактор в данной ситуации – высокая стоимость.



## ЭЛЕКТРОИНДУКЦИОННЫЕ ПОЖАРНЫЕ ИЗВЕЩАТЕЛИ (ЭПИ)

В настоящее время отечественная промышленность предлагает следующие типы и образцы измерителей высокодисперсных аэрозолей, использующие различные принципы работы. Государственным космическим научно-производственным центром имени М. В. Хруничева разработан извещатель дыма электроиндукционный первого и третьего поколений «ИДЭ-1» и «ИДЭ-3» (рис. 6). На ЗАО НПО «Севзапспецавтоматика» были изготовлены действующие сертифицированные образцы извещателей, предназначенных для обнаружения продуктов пиролиза и горения полимерных материалов в помещениях закрытого типа с хорошо организованными вентиляционными потоками [3].

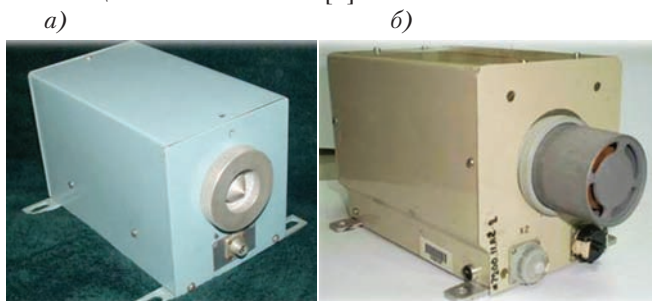


Рис. 6. Извещатели НПО «Севзапспецавтоматика» «ИДЭ-1» (а) «ИДЭ-3» (б)

Извещатель «ИДЭ-3» контролирует наличие в атмосфере герметичного отсека аэрозольных частиц, свойственных продуктам термодеструкции размером от 0,01 до 0,1 мкм, а также срабатывает при превышении определенного уровня концентрации частиц фоновое загрязнение отсека размерами от 0,1 мкм до 2 мкм.

По заказу ассоциации разработчиков систем мониторинга АО «АСМ» был разработан и изготовлен на НПО «Прибор» макет анализатора аэрозоля «ИВА-1» (рис. 7).



Рис. 7. Анализатор аэрозоля «ИВА-1»

Принцип работы анализатора основан на электроиндукционном методе измерения концентрации аэрозольных частиц. Процесс измерения концентрации аэрозольных частиц в «ИВА-1» осуществляется следующим образом: аэрозольные частицы непрерывно забираются с потоком воздуха в анализатор принудительным способом с помощью воздуходувки, обеспечивающей расход воздуха 20 дм<sup>3</sup>/мин. В аэродинамическом сепараторе частицы аэродинамическим размером более 0,5 мкм отсекаются и в дальнейшем в анализе не участвуют. Все частицы, размер которых меньше 0,5 мкм, попадают в зарядную камеру, где периодически возникает отрицательный коронный разряд и образуется поток униполярных газовых ионов. Частицы аэрозоля, которые проходят через зарядную камеру в момент существования в ней коронного разряда, приобретают заряд. Образуются пачки заряженных частиц, которые чередуются с пачками незаряженных частиц [7,8]. Пачки заряженных и незаряженных частиц вместе с потоком воздуха перемещаются в индукционную измерительную камеру, соединенную с входом предварительного усилителя с большим входным сопротивлением.

При концентрациях более 75·10<sup>3</sup> см<sup>-3</sup> для предохранения от загрязнения измерительного тракта микроагнетатель выключается на 5 мин, после чего автоматически возобновляет работу. В случае сохранения повышенной концентрации при последующих запусках время остановки насоса увеличивается до 20 мин.

Электроиндукционные пожарные извещатели «ИП 213-001» и «ИП 216-001 Ex» производства АО «Радар ММС» показаны на рис. 8.

Принцип работы извещателей заключается в следующем: исследуемый аэрозоль прокачивается через измерительную линию, в которой последовательно по потоку установлены зарядная и измерительная камеры. Аэрозольные частицы получают в зарядной камере электрический заряд, пропорциональный их размеру. Проходя через измерительную камеру, заряженные частицы наводят заряд, величина которого зависит от их размера и счетной концентрации. Сигнал с измерительной камеры усиливается и подвергается последующей обработке. Извещатель осуществляет селекцию сигнала по скорости, амплитуде и длительности и выдает информацию при превышении заданных порогов в виде замыкания контактного реле.

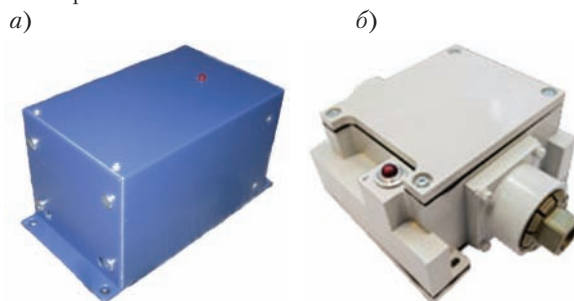


Рис. 8. Извещатели производства НПП «Радар ММС» «ИП 213-001» (а) «ИП 216-001 Ex» (б)

В Институте физико-технических проблем «Росатома» были разработаны проточно-ионизационные датчики регистрации аэрозоли (рис. 9). Принцип работы основан на ионизации анализируемого (прокачиваемого) воздуха  $\alpha$ -излучающим радионуклидом с последующей регистрацией заряженных аэрозолей. Анализируемый воздух прокачивается через протяженную ионизационную камеру, на входе которой расположен генератор ионов, а вдоль оси – электроды нейтрализации и собирающий электрод. Прокачиваемый воздух вместе с аэрозольными частичками ионизируется, легкие аэроионы нейтрализуются на электродах нейтрализации, а заряженные аэрозольные частицы, пролетая через собирающий электрод, создают на нем электрический потенциал, который регистрируется электронным предусилителем.

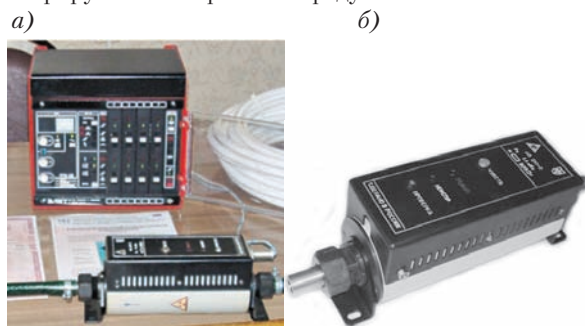


Рис. 9. Извещатели Института физико-технических проблем «Росатома» «ИП-211-1» (а) «ИП-211-2» (б)

Существенный недостаток датчика данного типа – наличие  $\alpha$ - и  $\gamma$ -радионуклидов, а также наличие нейтронного излучения. Конструкция датчика требует «особого» соблюдения мер безопасности при эксплуатации, хранении и транспортировке.

Приведенный выше краткий обзор новых разработок в области перспективных средств обнаружения пожара показывает, что некоторые из них при адаптации к требованиям флота могут быть использованы для создания перспективных комплексных систем оценки и обеспечения пожарной безопасности кораблей (судов).

В качестве конкретного шага в этом направлении авторами статьи были выполнены работы по адаптации ЭИПИ фирмы НПП «Радар ММС» к требованиям ВМФ. Ряд работ, связанных с практическими испытаниями опытного образца ЭИПИ на кораблях флота, проводился при участии сотрудников «Крыловского государственного научного центра».

### **ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ УЧАСТИЯ ЭИПИ В МОНИТОРИНГЕ ПРЕДПОЖАРНОЙ ОБСТАНОВКИ В ОХРАНЯЕМЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ**

Электроиндукционный метод измерения параметров аэродисперсной системы позволяет непрерывно анализировать изменения в широком диапазоне спектра аэрозольных частиц и обладает высокой чувствительностью.

Исследуемый аэрозоль прокачивается через измерительную линию, в которой последовательно установлены зарядная и измерительная камеры. Аэрозольные частицы получают в зарядной камере электрический заряд, пропорциональный их размеру. Проходя через измерительную камеру, заряженные частицы создают наведенный электрический заряд, величина которого зависит от их размера и счетной концентрации. Сигнал с измерительной камеры усиливается и подвергается обработке. Измерения происходят в газовом потоке, поэтому представительность пробы, подвергающейся анализу, велика и постоянно обновляется, это позволяет работать с усредненным значением сигнала и не «отрабатывать» случайные выбросы аэрозоля.

У извещателя «ИП 213-001» анализируемая полоса спектра частиц лежит в интервале от 0,01 до 10 мкм. Диапазон измерения массовой концентрации аэрозоля – от 0,01 мг/м<sup>3</sup> до десятков мг/м<sup>3</sup>. Метод обладает повышенной чувствительностью к высокодисперсным частицам. Это обусловлено тем, что мелкие частицы вносят самый значительный вклад в увеличение объемного суммарного электрического заряда при нестандартных или нестандартных ситуациях за счет своего количества. Также в увеличение заряда вносят свою долю и те частицы, размеры которых близки к размерам отдельных молекул, зарядка их носит случайный характер, но их доля все равно значительна.

В измерительных линиях ЭИПИ можно изменять условия зарядки и применять аэродинамическое и электростатическое воздействие на поток заряженных аэрозольных частиц. Это позволяет еще больше увеличить селективную чувствительность к изменению фракционных концентраций в высокодисперсной области. Проведенные испытания с аэродинамическим и электростатическим сепараторами показали, что при одинаковом выходном сигнале, полученном от высокодисперсного и от грубодисперсного аэрозоля, массовая концентрация последнего была в 150 раз больше. Химический состав и цвет аэрозольных частиц не влияют на результаты измерений.

ЭИПИ способны определить перегрев изоляционных материалов, возникающий вследствие перегрузки оборудования, при температурах менее 200 °С (задолго до температуры самовоспламенения). Селективная чувствительность к высокодисперсным частицам позволяет сократить время обнаружения медленно развивающегося возгорания. Это дает возможность принять необходимые меры на самом раннем этапе развития аварий. Основная цель применения ЭИПИ – дополнить набор существующих элементов пожарной безопасности высокочувствительными извещателями раннего обнаружения предпожарной ситуации. Широкий диапазон величин контролируемого параметра аэродисперсной систе-

мы позволяет расширить пороги чувствительности и зафиксировать обильное выделение аэрозолей.

Электроиндукционные извещатели различных модификаций находились в опытной эксплуатации – на космической станции «Мир»; в СПС модулей МКС «Заря» и «Пирс»; на объектах АО «НПП «Радар ММС»; на стенде КВ-1 ФГУП «НИТИ им. А. П. Александрова».

Однако, признавая наличие несомненно положительных качеств, присущих ЭИПИ, необходимо учитывать, что возможные условия его эксплуатации на корабле будут предъявлять ряд специфических требований к нему. Для формирования этих требований был создан опытный образец ЭИПИ, разработаны и утверждены методика и программа его испытания в корабельных условиях. Они были проведены и проанализированы с целью выработки рекомендаций для разработчиков этой техники при ее доведении до требований флота.

При проведении экспериментальных исследований в качестве источника аэрозоля были применены модельные очаги пожара двух типов:

- модельный очаг пожара при коротком замыкании в электрических сетях, предназначенный для исследования пожароустойчивости кабельной продукции при различных физических состояниях исследуемых образцов и атмосферных условий;

- модельный очаг пожара при локальном перегреве тепло выделяющей поверхности, предназначенный для определения предпожарной ситуации у поверхностей нагрева.

Испытания извещателя ЭИПИ проводились в пять этапов:

**Первый этап** включал натурные испытания на сертифицированном испытательном стенде «Огонёк» ВМПИ ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия». Он был направлен на выбор отсека для ЭИПИ, имеющего допустимую концентрацию аэрозоля, и определение естественных аэрозольных фоновых параметров при ежедневной эксплуатации.

**Второй этап** был нацелен на фиксирование воздействия климатических факторов, а также открытого горения сухой ветоши, ветоши смоченной ГСМ, пластика, кабеля на работу ЭИПИ.

**Третий этап** проводился в ходе натурных экспериментов во время ходовых испытаний в отсеках и помещениях корабля (тамбуры у выходов на верхнюю палубу, тамбуры у постов, ГРЩ, посты РТВ, ходовая рубка, посты ЦПУ т.д.). Целью этого этапа было определение фоновых уровней в заданных отсеках корабля при различных условиях его эксплуатации.

**Четвертый этап** включал в себя испытания ЭИПИ в составе систем пожарной сигнализации нового поколения на тестовых очагах пожара, разрабатываемых применительно для кораблей ВМФ. Испытания на этом этапе проводились в «Крыловском государственном научном центре» при участии НПФ «Меридиан» и НПО «Пожарная Автоматика Сервис».

**Пятый этап** включал в себя сравнительные испытания электроиндукционных пожарных извещателей, производимых в НПП «Радар ММС» и НПО «Прибор». Испытания выполнялись на испытательном стенде «Диоген» ассоциации разработчиков и производителей систем мониторинга АО «АСМ», специально подготовленном для этой цели.

В ходе натурных испытаний кабельных трасс были использованы различные типы кабелей (рис. 10), применяемых на флоте, с целью определения интенсивности выделения аэрозолей при термодеструкции. В качестве образцов использовались кабели длиной 440 мм с разными сочетаниями материалов изоляции и оболочки, имеющими экран и не имеющие его. Перечень исследуемых образцов приведен в таблице ниже.

Как видно из рис. 11, полученных в результате экспериментов, различные типы кабелей имеют различную интенсивность деструкционного выделения аэрозолей. В случае использования ЭИПИ в составе систем оценки пожарной безопасности необходимо проводить дополнительные ис-



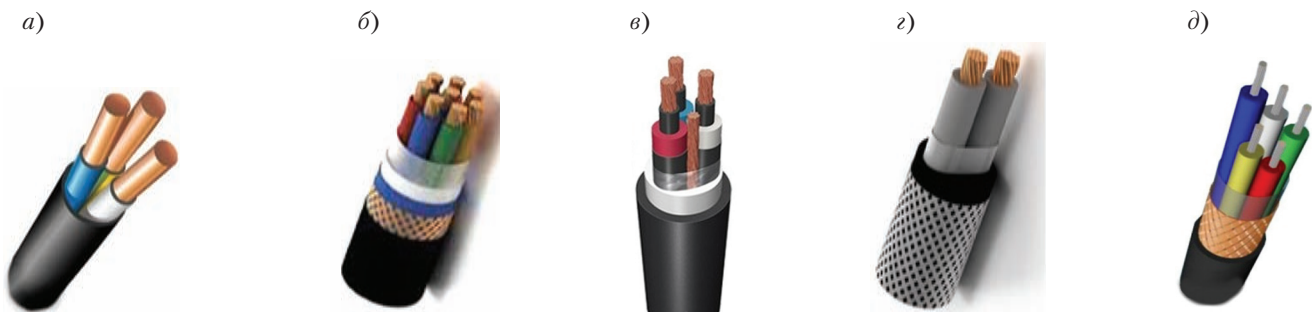


Рис. 10. Исследуемые типы кабелей: КНР 3×1 (а), КПВЭКГ-100 4×(2×0,5)э (б), НРШМ 3×1,5 (в), СПСВ-НФ 2×2,5 (г), КНРЭнг-НФ 5×1,5 (д)

### Характеристики исследуемых кабелей

Таблица

| Марка кабеля          | Материал                                       |  |                  |
|-----------------------|--|--|------------------|
|                       | изоляция                                       | оболочки   | экрана           |
| КНР 3×1               | Резина из бутадиенового и натурального каучука | Резина на основе полихлоропрена  | Отсутствует      |
| КПВЭКГ-100 4×(2×0,5)э | Полиэтилен                                     | ПВХ  | Медная проволока |
| НРШМ 3×1,5            | Изоляционная резина                            | Маслостойкая резина, нг  | Отсутствует      |
| СПСВ-НФ 2×2,5         | Силанольно-сшитый полиэтилен                   | Полимерная композиция, не содержащая галогены, с низким дымо- и газовыделением | Отсутствует      |
| КНРЭнг-НФ 5×1,5       | Резина на основе этиленпропиленового каучука   | Маслостойкая безгалогенная резина  | Медная проволока |

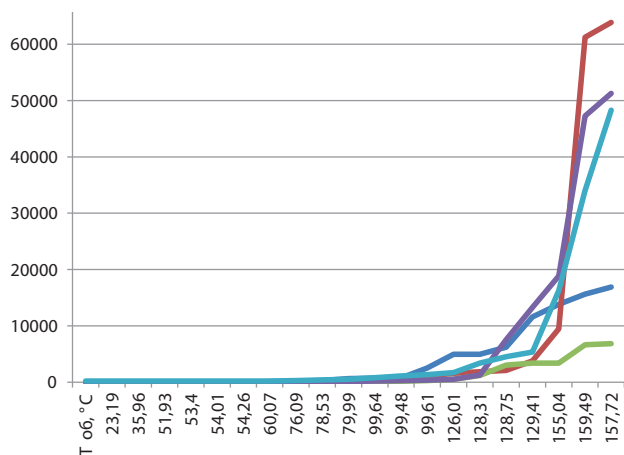


Рис. 11. Интенсивность выделения аэрозолей оболочками кабелей при росте температуры  
— КНР 3×1, — КПВЭКГ-100 4×(2×0,5)э, — НРШМ 3×1,5, — СПСВ-НФ 2×2,5, — КНРЭнг-НФ 5×1,5

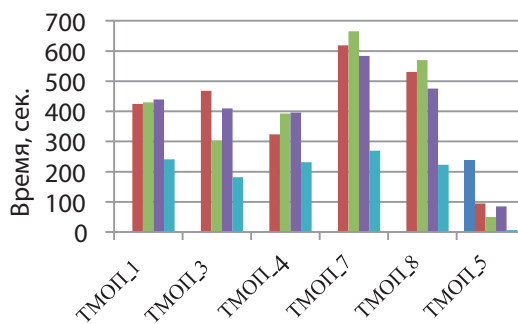


Рис. 12. Время реагирования различных извещателей на тестовых очагах пожара

■ — тепловой, ■ — дымовой оптический, ■ — датчик CO и CO<sub>2</sub>, ■ — комбинированный, ■ — аэрозольный

питания с выявлением всех факторов, влияющих на общую фоновую концентрацию аэрозолей.

Испытания, проводившиеся на огневом стенде ФГУП «Крыловский государственный научный центр» на тестовых модельных очагах пожара (ТМОП), показали (рис. 12), что аэрозольный извещатель срабатывал раньше всех других типов извещателей при всех вариантах ТМОП, демонстрируя наглядно тем самым перспективность дальнейшей разработки для применения в корабельных условиях.

Особенности применения ЭИПИ как средства раннего обнаружения пожара в отсеке нуждается в расчетной оценке динамики газозвушной среды помещений, отсеков. Проведение газодинамического расчета распространения аэрозолей позволит составить точную объемную и количественную карты распространения полей концентраций предпожарных реперов, что будет способствовать оптимизации расположения ЭИПИ для качественного контроля и сокращения времени реагирования.

Аэродисперсная система неустойчива, поскольку в ней протекают процессы переноса воздушных масс, дисперсионные и конденсационные процессы, возникают вихревые потоки, происходит коагуляция частиц, седиментация под

действием силы тяжести, испарение и пр. Таким образом, распространение аэрозолей носит статистический характер. Для эффективного размещения ЭИПИ в отсеках корабля с учетом всех факторов необходимо проведение трехмерных расчетов распространения аэрозолей в отсеке. Разработка специализированной программы для флота может опираться на варианты газодинамических пакетов универсальных программ типа COMSOL Multiphysics, Star-CD, FUEENT, FLOW-3D, CFX, которые предназначены для расчета широкого класса газодинамических явлений. Возможности программ позволят оперативно рассчитывать конвекции и диффузии, а также газодинамические явления.

Примеры расчета конвекционного теплообмена и циркуляции воздушных масс в зависимости от типа вентиляции с помощью упомянутых программ представлены на рис. 13.

Проведенные натурные испытания ЭИПИ показали следующее:

- ЭИПИ обнаруживал тестовые модельные очаги пожара значительно быстрее остальных пожарных извещателей, применяемых в современных системах пожарной сигнализации;
- концентрация аэрозолей в отсеках корабля позволяет устанавливать извещатель в них с соответствующими условиями и ограничениями;
- ЭИПИ не способен различать реперы предпожарных состояний исследованных типовых источников пожара с факторами жизнедеятельности экипажа и повседневной

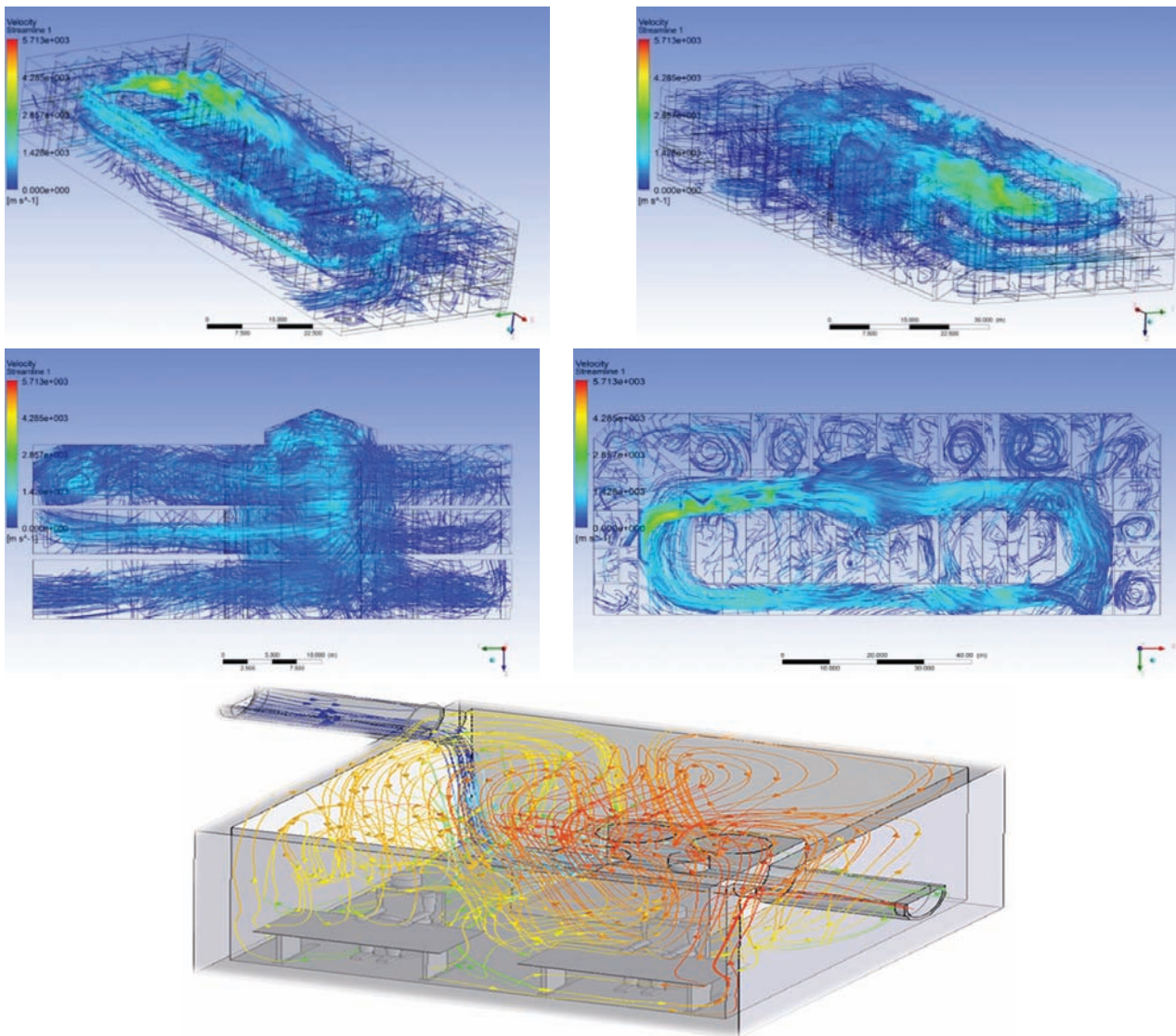


Рис. 13. Визуализация использования программ COMSOL Multiphysics, FUENT, FLOW-3D, CFX

эксплуатации технических средств, а также идентифицировать конкретное оборудование по продуктам термодеструкции;

- извещатель хорошо фиксирует скорость увеличения интенсивности газовыделения с ростом температуры нагрева кабеля, что позволяет оперативно распознавать предпожарные ситуации;
- высокодисперсные аэрозоли с диаметром частиц менее 0,5 мкм являются одним из эффективных реперов предпожарного состояния оборудования в отличие от роста концентрации  $CO$ ,  $CO_2$ ;
- извещатель нуждается в регулярных осмотрах и обслуживании;
- требуется защита от пыли и коагулирующих паров горюче-смазочных материалов;
- благодаря использованию стандартных протоколов обмена данными извещатель может быть интегрирован в другие корабельные системы.

### Выводы

Так как ЭИПИ в ходе проведенных экспериментальных исследований на береговых стендах и в реальных корабельных условиях проявил себя положительно и продемонстрировал преимущества по ряду показателей по сравнению с другими пожарными извещателями, целесообразно продолжить работы

по его функциональной и конструктивной доработке до требований флота к корабельной технике. В основу такой доработки могут быть положены требования заказчика, полученные на основе проведенных исследований ЭИПИ (технические требования к ЭИПИ корабельного исполнения утверждены 05.04.2016 начальником кораблестроения, вооружения и эксплуатации вооружения – заместителем главнокомандующего ВМФ по вооружению).

При получении положительного результата целесообразно рассмотреть возможность включения ЭИПИ в состав перспективных и разрабатываемых комплексных систем обеспечения пожарной безопасности кораблей (судов) флота.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Круглеевский В.Н., Скороходов Д.А., Дымкина Т.Е. Интеллектуализация систем пожарной сигнализации // Тр. 2-й Международ. конфер. по морским интеллектуальным технологиям «МОРИНТЕХ-97». – СПб., 1997, т. 3.
2. Круглеевский В.Н. Состояние и перспективы развития систем обнаружения и предупреждения пожаров и взрывов на кораблях и судах. – Сб. материалов 4-го Межотраслевого семинара по проблеме раннего обнаружения пожаров. – СПб., ВПТШ, 1997.
3. Марковский М.В. Алгоритмы обработки измерений в перспективных системах пожарной сигнализации в составе с электроиндукционным пожарным извещателем // Тр. ВУНЦ ВМФ «ВМФ». – 2015. – № 1 (15). ■



**В** статье рассматривается новый для АО «НПФ «Меридиан» подход к исследованию вопросов тепловыделения изделий, названный виртуальными тепловыми испытаниями изделий. Виртуальные испытания призваны прежде всего уменьшить общее количество реальных испытаний на производстве и снизить таким образом затраты финансовых и временных ресурсов на отработку как типовых, так и принципиально новых изделий.

Типовые изделия – это статические преобразователи со стабилизацией тока и номинальной выходной мощностью в диапазоне от 1 до 30 кВт. Данные статические преобразователи представляют собой устройства силовой электроники, разрабатываемые на основе современных полупроводниковых элементов и перспективных магнитных материалов для электромагнитных элементов: мощных транзисторных IGBT сборок, диодов с малым временем обратного восстановления, магнитопроводов из тонкой пермаллоевой ленты со сверхнизкими потерями энергии на перемагничивание. Несмотря на то, что за прошедшие 20 лет отечественная силовая электроника сделала стремительный скачок в повышении энергоэффективности элементной базы, снижении тепловых потерь, увеличении допустимых рабочих частот и предельно-допустимых рабочих температур, задача увеличения коэффициента полезного действия (КПД), а значит, и задача точного прогнозирования развития тепловых процессов, происходящих в статических преобразователях, не теряет своей актуальности.

Специфика разработки и применения статических преобразователей в составе бортовых источников питания, располагаемых на кораблях, особенно малого водоизмещения, состоит, во-первых, в крайне ограниченных и замкнутых объемах трюмного пространства, а во-вторых, в существенной насыщенности этих объемов различным электронным, в том числе и тепловыделяющим, оборудованием. Исходя из данных обстоятельств, проектанты ставят перед разработчиками оборудования задачу обеспечения минимально возможных габаритов изделий при их максимальной энергоэффективности.

Хорошо известно, что низкая энергоэффективность применяемой в составе статических преобразователей элементной базы приводит к необходимости увеличения габаритов элементов охлаждения и установки дополнительных средств охлаждения, таких как радиаторы, вентиляторы, холодильные установки. Заинтересованность заказчиков в статических преобразователях, которые не требуют мероприятий по принудительному охлаждению с помощью

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОТОКА ТЕПЛООБМЕНА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ЭЛЕКТРОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗДЕЛИЯ В СРЕДАХ С ПОВЫШЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРОЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

**Б.Ю. Семенов**, гл. конструктор СКЭМП,  
**Р.Н. Кодряи**, начальник конструкторского отдела,  
**О.Ф. Воробьев**, вед. инженер-конструктор,  
**А.В. Бондарев**, зам. начальника конструкторского отдела,  
АО «НПФ «Меридиан»,  
контакт. тел. (812) 602 0375, доб. 134, 511, 512, 514

вентиляторов, радиаторов с проточной жидкостью, а нормально функционируют только с применением элементов естественного охлаждения, столь велика, что они крайне неохотно согласовывают данные мероприятия. Но даже если принудительное охлаждение разрешено, перед разработчиком оборудования практически всегда стоит задача его оптимального использования.

До настоящего времени при проектировании средств нормализации тепловых режимов использовались приближенные инженерные методики, полученные опытным путем, номограммы и графики, результат применения которых дает завышенный результат в диапазоне от 20 до 100% от оптимального. Тем не менее эти методики неплохо «работают» при проектировании типовых узлов охлаждения микросхем, транзисторов, источников питания небольшой мощности и т.п., где завышенный результат несущественно сказывается на общих габаритах оборудования, в составе которых эти элементы применяются. Однако картина меняется коренным образом, если выполняется расчет узла охлаждения транзисторной IGBT сборки с тепловыделением порядка 1 кВт в составе высокочастотного инвертора. В данном случае наращивание на радиатор «железа» с большим запасом легко может привести к существенному увеличению габаритных размеров статического преобразователя и выходу их за рамки, оговоренные заказчиком. Существует и опасность «недоработки» площади охлаждения силовых элементов, когда, получив существенные расчетные габариты, разработчики пытаются их «секвестировать», что называется на глазок, исходя из собственного опыта, опыта коллег или даже просто надеясь на температурные запасы элементной базы. Ошибки такого подхода чаще всего выявляются на стадии испытаний натурных образцов, когда

уже вложены существенные средства в изготовление этих самых образцов. С большой долей вероятности можно утверждать: доработка схемы охлаждения мощного статического преобразователя «малыми средствами» при выявлении ее неработоспособности, скорее всего, не будет реализована, и прибор придется проектировать заново.

Изложенное выше позволяет утверждать: задачи качественного прогнозирования теплового режима конструкций весьма актуальны для систем силовой электроники и вместе с тем чрезвычайно сложны. Сложность обусловлена необходимостью учета физических процессов, происходящих в процессе работы изделия, и его геометрической формы и размеров, наличия в составе приборов многочисленных источников тепловыделения и сложных элементов геометрии. В этой связи классические методы исследования обеспечения теплового режима подобных конструкций, как уже ранее было отмечено, либо дают значительные погрешности, либо вовсе неприменимы.

Техника, содержащая электрические элементы, подвержена переходу части энергии упорядоченных процессов электрического тока в энергию неупорядоченных процессов, производящую в итоге тепло. Аппаратура, выделяющая значительную тепловую энергию, подвергается риску выхода из строя либо уменьшения жизненного цикла при повышении температуры, связанной с изменением окружающей среды. Такая техника требует расчета и моделирования передачи тепловой энергии от более горячего элемента к менее горячему и рассеивания ее в окружающей среде.

### РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ

Руководством АО «НПФ «Меридиан» была поставлена задача изготовить поставочные образцы новой техники, минуя стадии изготовления опытного

образца и проведения предварительных испытаний. Цель – сокращение сроков разработки и повышение качества: улучшения их эксплуатационных характеристик и повышения надежности новой техники благодаря использованию современного ПО. Предполагается вновь разрабатываемой конструкторской документации (КД), в которой учтены рекомендации, полученные при построении тепловых моделей, сразу присваивать литеру «О» или проводить предварительные испытания вновь разрабатываемой аппаратуры виртуально, на модели, создаваемой по такой рабочей документации с литерой «О». По результатам контрольной сборки модели по рабочим чертежам при необходимости будут выпущены извещения об изменении рабочей документации. Поставочный образец, изготовленный по такой КД, предполагается выпускать на межведомственные испытания с последующим присвоением литеры «О1». Коллектив «НПФ «Меридиан» надеется, что Военная приемка Министерства обороны РФ с пониманием отнесется к этой инициативе. Это, в конечном счете, снизит сроки разработки и поставки новейшей техники на корабли ВМФ РФ.

В связи с этим предприятием была проведена научно-исследовательская работа «Анализ температурных режимов статических преобразователей изделия и выработка путей модернизации с учетом возможности их использования в тропических условиях». Целью ее было:

- сокращение трудоемкости обеспечения номинальных тепловых режимов теплонагруженных приборов путем внедрения цифровых средств моделирования тепловых процессов;
- анализ тепловых режимов серийных и перспективных теплонагруженных приборов с помощью современных средств моделирования тепловых процессов и выявления путей улучшения тактико-технических характеристик;
- создание базы типовых тепловых моделей элементов для анализа тепловых режимов вновь разрабатываемых приборов и оборудования;
- создание перечня типовых исходных данных, запрашиваемых у исследовательских отделов, для анализа тепловых режимов;
- выработка рекомендаций для модернизации серийного теплонагруженного оборудования, выпускаемого предприятием.

**Использование специализированного программного продукта.** Появление на рынке ПО, разработанного для моделирования тепловых процессов в техническом оборудовании со сложной геометрией, максимально приближенной к геометрии реальных изделий, поз-

волило существенно повысить качество оптимального проектирования теплонагруженных приборов силовой электроники и предложить к введению такого термина, как «виртуальные испытания». Рассматриваемые в статье результаты виртуальных испытаний изделий реализованы на базе программного комплекса, основанного на методе конечных элементов (МКЭ).

Расчет МКЭ выполняется за счет разделения реального объекта на большое количество (тысячи или сотни тысяч) конечных элементов, например, маленьких кубов. Математические уравнения позволяют прогнозировать поведение каждого элемента. Затем компьютер суммирует все отдельные поведения для прогнозирования поведения объекта в целом.

Специализированные программные продукты для тепловых расчетов имеют широкий набор возможностей для моделирования потоков жидкостей и процессов теплопередачи. С их помощью можно быстро и точно выполнять моделирование высокоскоростных турбулентных и несжимаемых потоков, а также теплопроводности и процессов конвективного теплообмена.

Программные продукты позволяют изучать перенос энергии в результате изменения температуры. Анализ процессов теплопередачи чрезвычайно важен для оптимизации эксплуатационных характеристик изделий и продления их жизненного цикла.

Моделируются следующие процессы теплопередачи: теплопроводность; конвекция; вынужденная конвекция; естественная конвекция.

Одна из основных проблем, с которой сталкиваются инженеры-электронщики, заключается в поддержании рабочего температурного диапазона компонентов.

Возможности программных продуктов позволяют:

- точно предсказывать температурный режим для устройств с большой потребляемой мощностью;
- моделировать эффекты активации и деактивации тепловыделяющего

компонента в определенный момент времени;

- собирать данные о кратковременных повышениях и понижениях температуры;
- оценивать тепловые эффекты солнечных нагрузок;
- визуализировать распределение температур в устройствах.

**Тепловой закон Ома.** В основу теории тепловых расчетов положена теория тепловых цепей. Известно, что между протеканием тепла через твердые тела и электрического тока через проводник существует аналогия. Аналогом температуры является электрический потенциал, теплового потока (рассеиваемой мощности) – электрический ток. Тогда уравнение тепловой характеристики будут соответствовать математическому выражению закона Ома (рис. 1), а коэффициенты  $R$  – электрическому сопротивлению.

Возникают вопросы как влияет тепловое сопротивление на площадь охладителя и скорость обдува вентилятора, хватит ли площади станины, если используется не специальный охладитель.

Тепловой закон Ома имеет вид

$$T_j = P \cdot R_j - a + T_a,$$

отсюда максимальная рассеиваемая мощность модуля

$$P = (T_j - T_a) / R_j - a.$$

Здесь  $T_j$  – справочная величина для силового элемента (предельно-допустимое значение);  $T_a$  – известная (или предполагаемая) температура окружающего воздуха;  $R_j - a$  – суммарное тепловое сопротивление кристалл–воздух;

Рассмотрим составляющие величины  $R_j - a$  в отдельности:  $R_j - c$  – этот параметр указывается в документации производителя источника тепловыделения.  $R_c - r$  – сопротивление практически полностью обусловлено качеством присоединения модуля к охладителю.

Тепловое сопротивление можно получить из коэффициента теплопроводности по формуле

$$R_{c-r} = h / (R \cdot S),$$

где  $h$  – толщина прокладки;  $R$  – тепловое сопротивление материала прокладки;  $S$  – площадь прокладки.

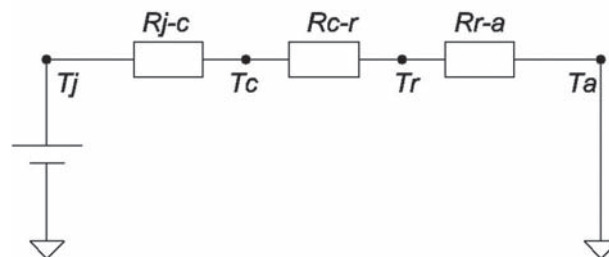


Рис. 1. Эквивалентная схема теплового закона Ома

$R_j - c$  – сопротивление источник тепла–теплоотвод корпуса;  $R_c - r$  – сопротивление корпус–радиатор;  $R_r - a$  – тепловое сопротивление радиатор–атмосфера;  $T_j$  – температура перехода силового элемента;  $T_c$  – температура теплоотвода корпуса;  $T_r$  – температура радиатора;  $T_a$  – температура окружающей среды



Такой метод расчета является общепринятым, хотя и несколько упрощенным, однако в подавляющем большинстве случаев такого подхода к проблеме обеспечения теплового режима более чем достаточно.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА

В ходе научно-исследовательских работ были проведены расчеты с использованием специализированного ПО с целью контроля предельных температур на кристаллах транзисторных IGBT сборок, контроля температур на силовых дросселях, общего распределения тепла в корпусах приборов статических преобразователей (рис. 2).

Поскольку программный продукт позволяет определять непосредственно температуру на охладителе, расчет сводится к расчету на участке  $T_j - T_r$ . В данном расчете необходимо, чтобы  $\Sigma T < T_j$ , где  $\Sigma T$  – фактическая температура кристалла транзисторных сборок, определяемая как сумма перепадов температур на каждом из переходов:

$$\Sigma T = \Delta T_j + \Delta T_c + T_r,$$

где  $\Delta T_j = R_{j-c} \times P$  – падение температуры при переходе кристалл–корпус сборки;  $\Delta T_c = R_{c-r} \times P$  – падение температуры при переходе корпус сборки–радиатор;  $P$  – мощность транзисторной сборки.

Тепловые сопротивления  $R_{j-a}$  и  $R_{j-c}$  – как правило, паспортные данные поставщиков силовых элементов.

В результате расчетов при визуализации распределения температур, скорости распределения воздушных потоков (рис. 3) было принято решение по оптимальному взаимному расположению элементов, спроектирован охладитель, обеспечивающий необходимый теплоотвод.

## ВЫВОД

Исследования конструкторского отдела АО «НПФ «Меридиан» позволили с уверенностью сказать, что при использовании метода предварительной оценки теплового режима прибора с помощью виртуальных тепловых моделей погрешность составляет не более 10% по сравнению с результатами реальных тепловых испытаний.

Предполагается, что внедрение и отработка нового подхода к прогнозированию обеспечения тепловых режимов изделий позволит снизить как финансовые, так и временные затраты на их отработку. ■

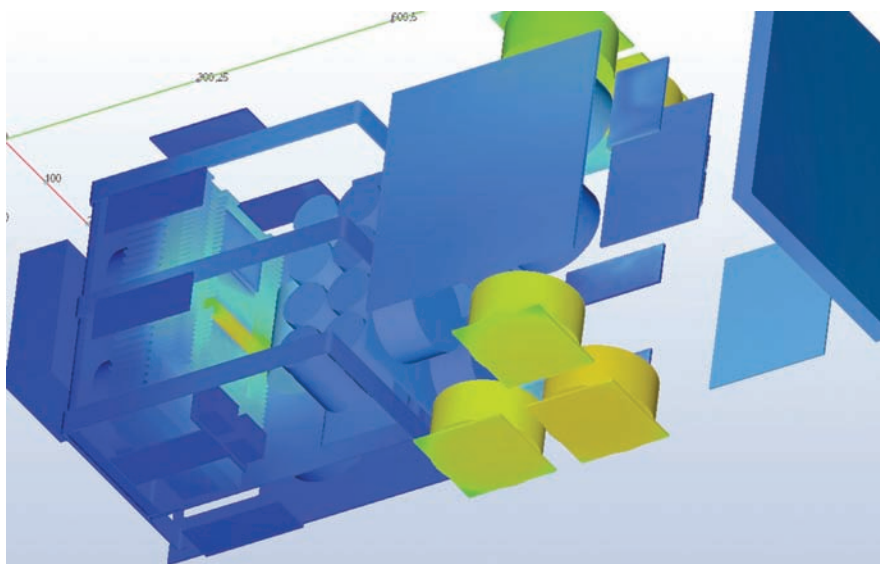


Рис. 2. Распределения тепла в приборе

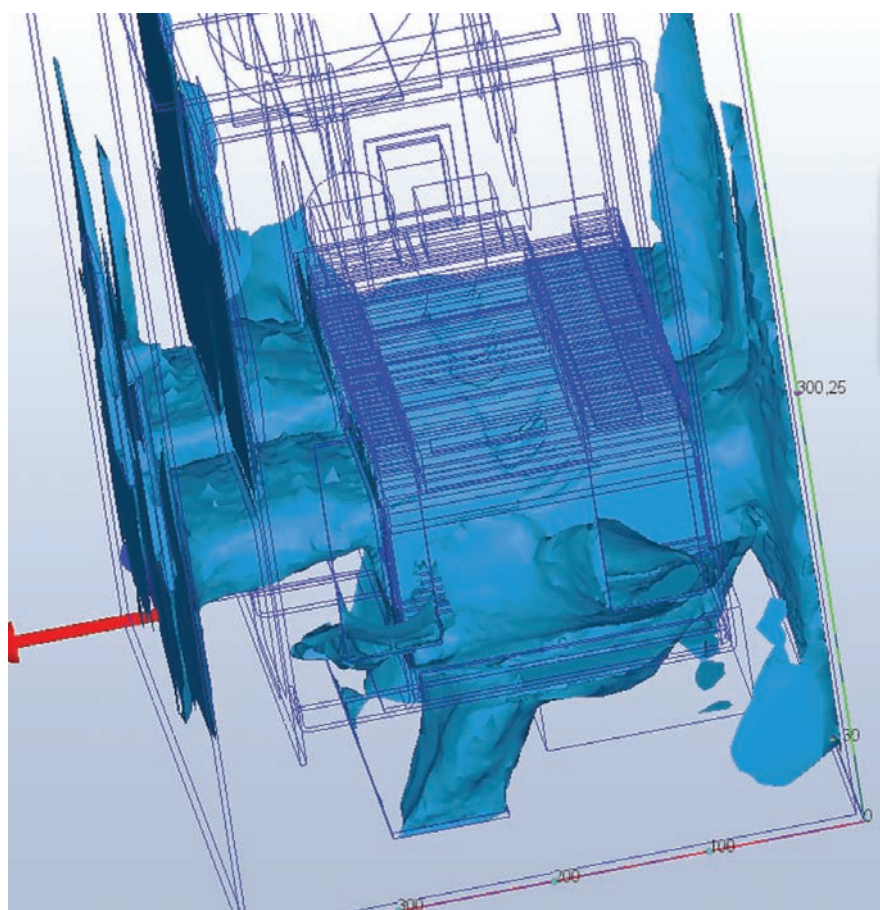


Рис. 3. Распределение воздушного потока

## ПРЕДПОСЫЛКИ И ЦЕЛИ СОЗДАНИЯ ПЛАТФОРМЫ «МУССОН»

С 2012 г. действует международный стандарт IEC 61924–2 (2012 г.) «Integrated Navigation Systems (INS) – Operational and performance requirements, methods of testing and required test results», определяющий требования к интегрированным навигационным системам (ИНС). Аналогичные требования к ИНС предъявляет Российский морской регистр судоходства (РС) в «Правилах по оборудованию морских судов», 2019 г., ч. V: Навигационное оборудование. п. 5.13 Интегрированная навигационная система». Однако до настоящего времени не выдано ни одного сертификата соответствия на ИНС отечественной разработки. В то же время зарубежные производители и заказчики судовых навигационных систем все больше отдают предпочтение интегрированным решениям вместо отдельных навигационных приборов. Об этом свидетельствуют данные маркетинговых исследований международного рынка и, например, тот факт, что уже 13 образцов ИНС зарубежных производителей имеют действующие сертификаты классификационного общества DNV GL:

- Furuno (Япония) – 3;
- Japan Radio Co (Япония) – 1;
- Raytheon Anschütz (Германия) – 4;
- Wärtsila SAM Electronics GmbH (Германия) – 1;
- OSI Maritime Systems (Канада) – 2;
- Kongsberg (Норвегия) – 1;
- Highlander Digital Technology (Китай) – 1.

Ранее разработанных и проверенных в опытных образцах отечественных технологий уже недостаточно, например, для использования нового стандарта высокоточного и динамического представления геопространственной информации S-100, внедрения в ИНС новых технологий цифрового обмена данными: НАВДАТ взамен НАВТЕКС, АСОД взамен АИС. Постоянно ужесточаются требования Международной морской организации (ИМО) к обеспечению навигационной и экологической безопасности мореплавания, реализованные в резолюциях профильных комитетов, разрабатываемых документах в обеспечение стратегии e-Навигации, планируемых к принятию международных стандартов, а значит, и к предприятиям судового навигационного приборостроения. В планах Международной электротехнической комиссии (МЭК) после 2020 г. стоит разработка и принятие новых стандартов в обеспечение цифровизации морской отрасли.

Все это вынуждает на новом вит-

## ПЛАТФОРМА «МУССОН» – НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ СУДОВЫХ ИНТЕГРИРОВАННЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ

*И.В. Бедняков, гл. архитектор программного обеспечения,  
В.В. Ефимов, канд. техн. наук, доцент, директор по продвижению,  
Д.Ю. Сарычев, канд. техн. наук, директор департамента,  
Ф.В. Сушинский, канд. эконом. наук, руководитель направления,  
АО «Кронштадт Технологии»,  
контакт. тел. (812) 449 9090 доб. 38 701, +7(921) 975 7173,  
+7(911) 822 9328*

ке технического прогресса и в новых экономических условиях по-новому решать задачи в обеспечении конкурентоспособности продукции российских производителей судового навигационного оборудования. Такой подход был продемонстрирован при обосновании опытно-конструкторской работы «Разработка единой технологической платформы судовых интегрированных навигационных систем нового поколения» (ОКР «Муссон») в рамках государственной программы «Развитие судостроения и техники для освоения шельфовых месторождений на 2013–2030 годы». Принципиальная новизна ОКР «Муссон» состоит в том, что разрабатывается не конечное оборудование, а технологическая платформа, являющаяся одновременно и инструментом разработчика, и технологическим ядром конечного изделия. Объединяя уже имеющиеся технологии, в том числе проработки новых информационных технологий, обеспечивая возможность работы средств автоматизации на различных операционных системах и процессорах, единая технологическая платформа (ЕТП) должна существенно ускорить и удешевить разработку судовых интегрированных систем для широкого круга применений. Поддержание ЕТП в актуальном состоянии позволит сохранить в течение длительного времени высокую модернизационную способность судовых ИНС, разработанных на ее базе. Использование ЕТП в процессе создания новых отдельных навигационных приборов обеспечит не только их высокоуровневую информационную интеграцию, но и позволит применить элементы когнитивной адаптации в интересах повышения точности, достоверности навигационной информации. Таким образом, разработка ЕТП нацелена на опережающее создание отечественных судовых интегрированных систем широкого назначения.

Группа «Кронштадт» в 2019 г. выполнила ОКР «Муссон» в соответствии с государственным контрактом и техни-

ческим заданием. В результате создана ЕТП ИНС нового поколения «Муссон» (платформа «Муссон»).

Эта статья начинает серию публикаций, направленных на описание этой платформы и новых возможностей, которые она открывает перед разработчиками судовых систем.

### ПРИНЦИПЫ ПЛАТФОРМЕННОГО РЕШЕНИЯ

Платформа «Муссон» представляет собой комплекс программного обеспечения (ПО), решающий все задачи, которые сегодня могут быть поставлены перед ИНС, включая задачи электронной картографической навигационной информационной системы (ЭКНИС), радиолокационного дисплея (РЛД), отображения виртуальных приборов, обработки тревог и предупреждений, автоматизированной технической диагностики аппаратных и программных средств, отображения и регистрации видеоинформации, интеграции с глобальными информационными сервисами. Для применений, которые еще не имеют стандартных решений, платформа «Муссон» спроектирована таким образом, что может быть расширена как модулями сопряжения с устройствами, так и модулями решения функциональных задач. Это достигается за счет использования унифицированных открытых программных интерфейсов.

Платформа «Муссон» – это программный комплекс, при помощи которого можно сконфигурировать и автоматически установить программное обеспечение на заранее заданном аппаратном обеспечении ИНС. Причем конфигурация всего ПО происходит из одной специализированной программы с помощью интуитивно понятного графического интерфейса (рис. 1).

Результаты конфигурации могут быть сохранены в виде файла и повторно загружены в будущем. Разработчику достаточно создать проект ИНС, указав ее конфигурацию, а сам процесс установки и настройки ПО на компьютерах,



входящих в состав ИНС, происходит автоматически без дополнительной настройки. Такой подход стал реализацией известного принципа «инфраструктура как код» (Infrastructure-as-Code), что позволяет существенно снизить трудозатраты на этапе разработки и внедрения новой системы, а также при модернизации ранее созданных систем. Основанная на этих принципах платформа «Муссон» позволяет:

- 1) разрабатывать ИНС, удовлетворяющие требованиям действующих и планируемых к принятию международных стандартов и международных конвенций;
- 2) интегрировать в разрабатываемые ИНС существующие и перспективные судовые навигационные приборы, системы цифровой радиокommunikации и глобальные информационные сервисы, в том числе веб-сервисы;
- 3) масштабировать разрабатываемые ИНС в зависимости от требований заказчика, типа судна, производительности вычислительных средств, включая бюджетные вычислительные средства;
- 4) обеспечивать функционирование на различных компьютерных архитектурах (x64 и ARM) и операционных системах (Windows и Astra Linux).
- 5) интегрировать оборудование, работающее по проприетарным протоколам информационного сопряжения, путем предоставления открытых программных интерфейсов;
- 6) обеспечивать работу отдельных компонент в «горячем резерве».

## АРХИТЕКТУРА ПЛАТФОРМЫ И ОСНОВНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Основой любой программы является архитектура – совокупность важнейших решений и принципов организации программной системы. Особенность организации платформы «Муссон» – так называемая слабосвязанная архитектура, обеспечивающая повышение ее гибкости и масштабируемости. Эта архитектура позволяет формировать конечный облик продукта из набора плагинов – независимо компилируемых программных модулей, динамически подключаемых к основной программе и предназначенных для расширения и/или использования ее возможностей. Подключаются плагины по декларативному принципу – путем объявления соответствующего плагина, реализованного в виде загружаемого модуля с соблюдением определенного интерфейса взаимодействия, в конфигурации сервера (рис. 2).

Плагины передают данные, поступающие от сопрягаемого оборудова-

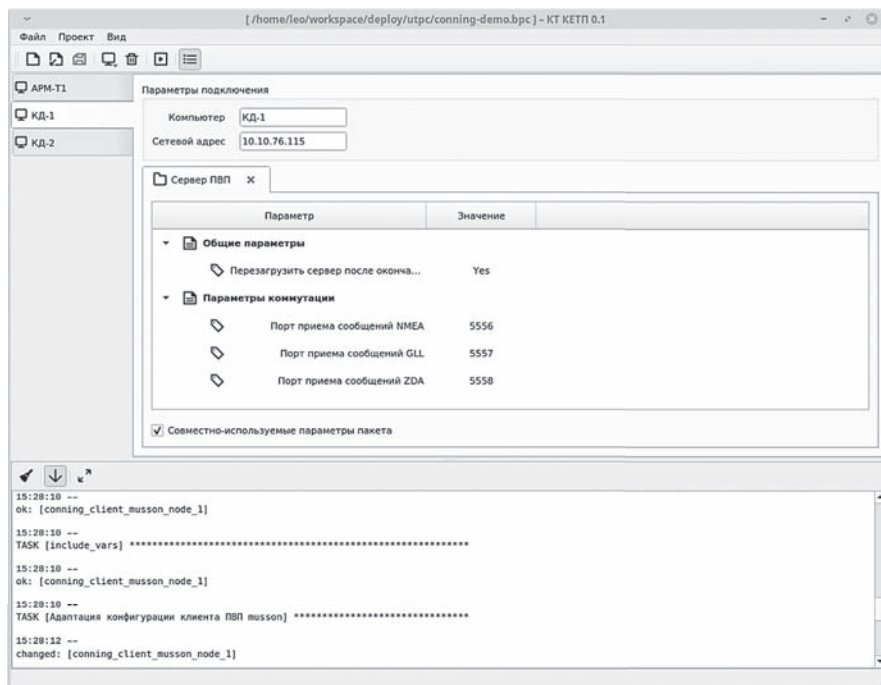


Рис. 1. Конфигуратор проекта

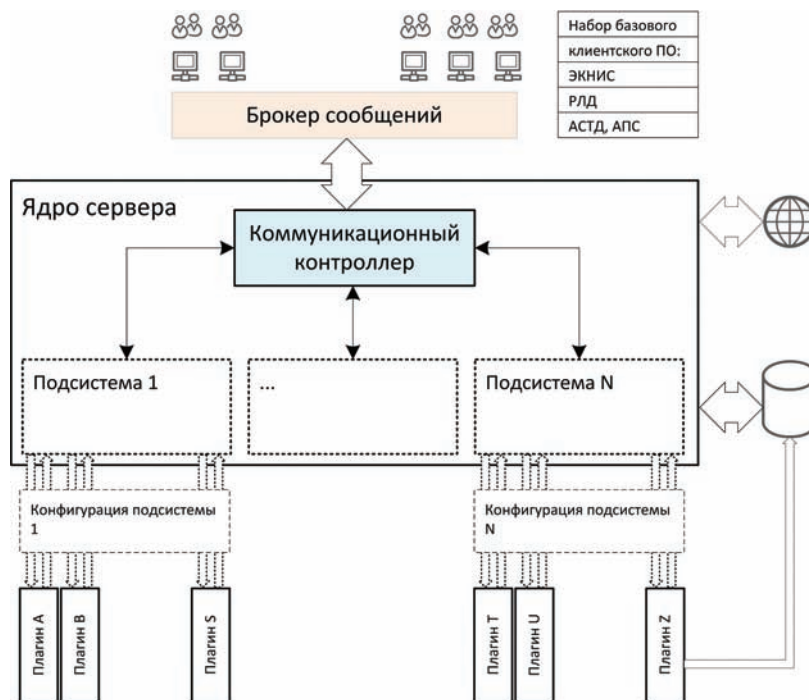


Рис. 2. Слабосвязанная архитектура платформы

ния, в подсистемы сервера, умеющие работать с данными определенного типа. Например, навигационная подсистема может работать с данными от плагинов разнообразного навигационного оборудования, установленного на судне. Благодаря такому подходу, кроме возможности гибко конфигурировать набор плагинов, фактически соответствующих набору судового оборудования, появляется возможность установки в уже имеющуюся систему нового оборудования путем разработки к нему плагина с соблюдением требуемого протокола взаимодействия. Тем самым решаются задачи

интеграции перспективного оборудования, а также интеграции специализированных систем. Преимущество платформы «Муссон» в том, что разработка плагинов для интегрируемого оборудования и сервиса может быть выполнена самим производителем этого оборудования, так как информация о программных интерфейсах подключаемых модулей открыта.

Вторым по значимости для программной платформы, после архитектуры, является выбор основных информационных технологий – методов поиска, сбора, хранения, обработки, предоставления информации

и способов их осуществления. Основу платформы «Муссон» составляет информационная технология конфигурируемых потоков данных и использование стандартизированных очередей сообщений. Эта технология использует открытый протокол для передачи сообщений между компонентами системы – AMQP (Advanced Message Queuing Protocol). Основная идея состоит в том, что отдельные подсистемы (или независимые приложения) могут обмениваться произвольным образом сообщениями через AMQP-брокер, который осуществляет маршрутизацию, гарантирует доставку, распределение потоков данных, подписку на нужные типы сообщений.

Использование брокера сообщений стандартного протокола AMQP позволяет сделать прозрачным уровень распространения различных данных между клиентскими приложениями (например, ЭКНИС, РЛД). Для включения нового клиентского приложения в схему взаимодействия с платформой «Муссон» достаточно подключиться к брокеру сообщений на указанном адресе и подключить свою очередь читаемых сообщений к соответствующей очереди сообщений (MB exchange на рис. 3). Далее, зная формат сообщений в данной очереди (описания форматов передаваемых сервером сообщений входят в комплект поставки платформы), не составляет труда реализовать логику работы с сервером платформы «Муссон».

Способ получения данных от источника в плагин может задаваться декларативно, путем объявления соответствующих объектов потоков данных в конфигурации сервера (рис. 4). При описании объектов потоков данных достаточно указать объект-источник (коммуникационный протокол), а также объект-приемник (плагин обработки и преобразования данных от источника).

Еще одной технологической основой платформы «Муссон» является технология единого централизованного хранения протоколов работы подсистем. Она позволяет динамически, на этапе развертывания менять состав таблиц базы данных хранения протоколов работы подсистем и плагинов в зависимости от включаемых в комплект поставки. И базируется она на следующем:

- использовании шаблонов реляционно-связанных таблиц и создании экземпляров на базе шаблона, соответствующего применяемой в подсистеме модели данных;
- использовании таблиц учета подсистем и связи с типами шаблонов;
- наполнении на этапе развертывания и хранении реляционно-структур-

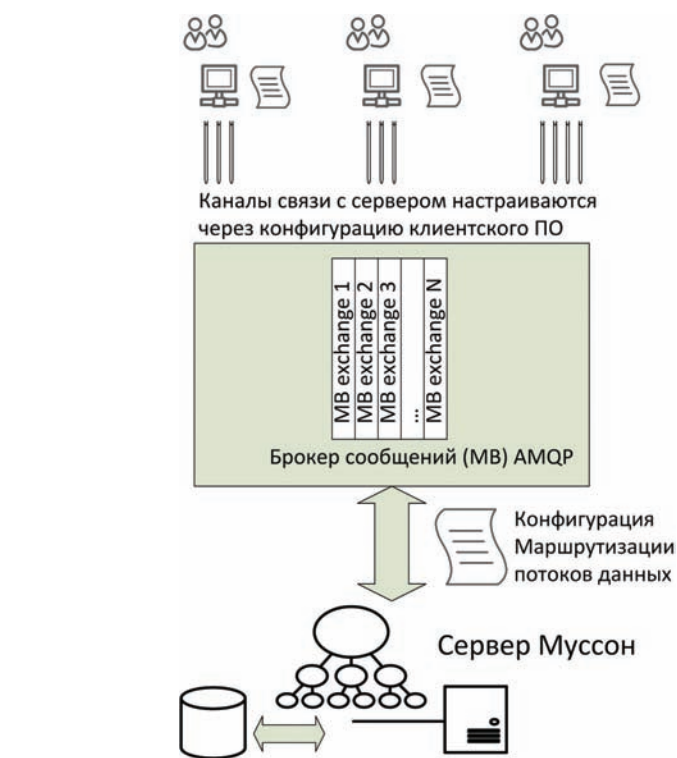


Рис. 3. Обмен данными на базе протокола AMQP

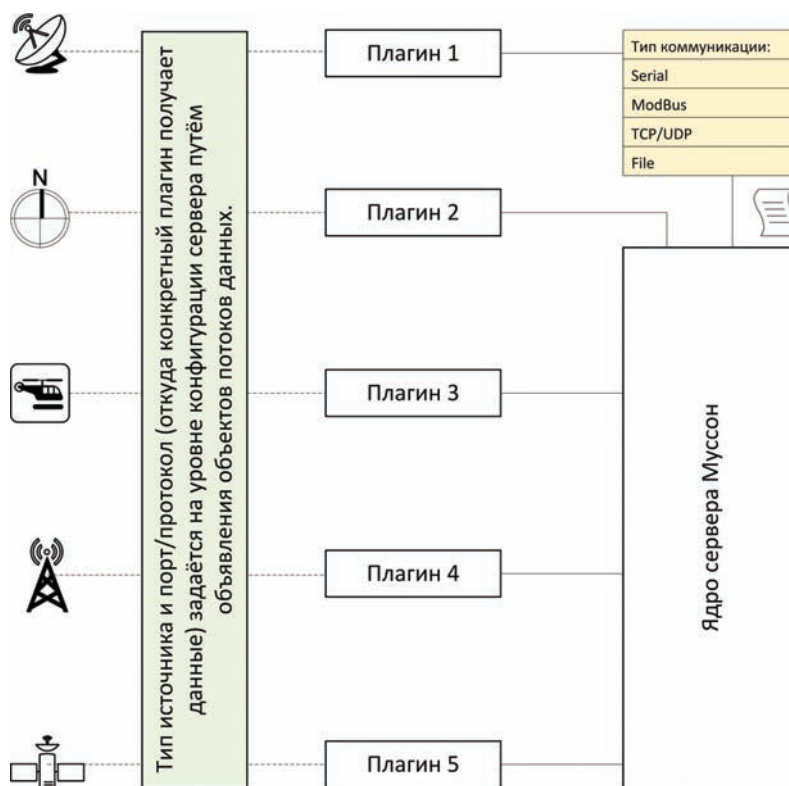


Рис. 4. Декларативный способ формирования потоков данных

- ной модели судна в виде справочников данных;
- обеспечении возможности клиентскому ПО получать справочники, а также выполнять привязку протоколов работы к данным справочникам;
- использовании легко читаемого человеком текстового формата обмена данными JSON для хранения структурированных данных, чем достига-

ется возможность абстрагироваться от состава набора данных, хранимого конкретной подсистемой.

Единое централизованное хранение позволяет избавиться от множества технологий, применяемых для идентичных целей, и сосредоточиться на обеспечении показателей высокой доступности, целостности и согласованности данных.



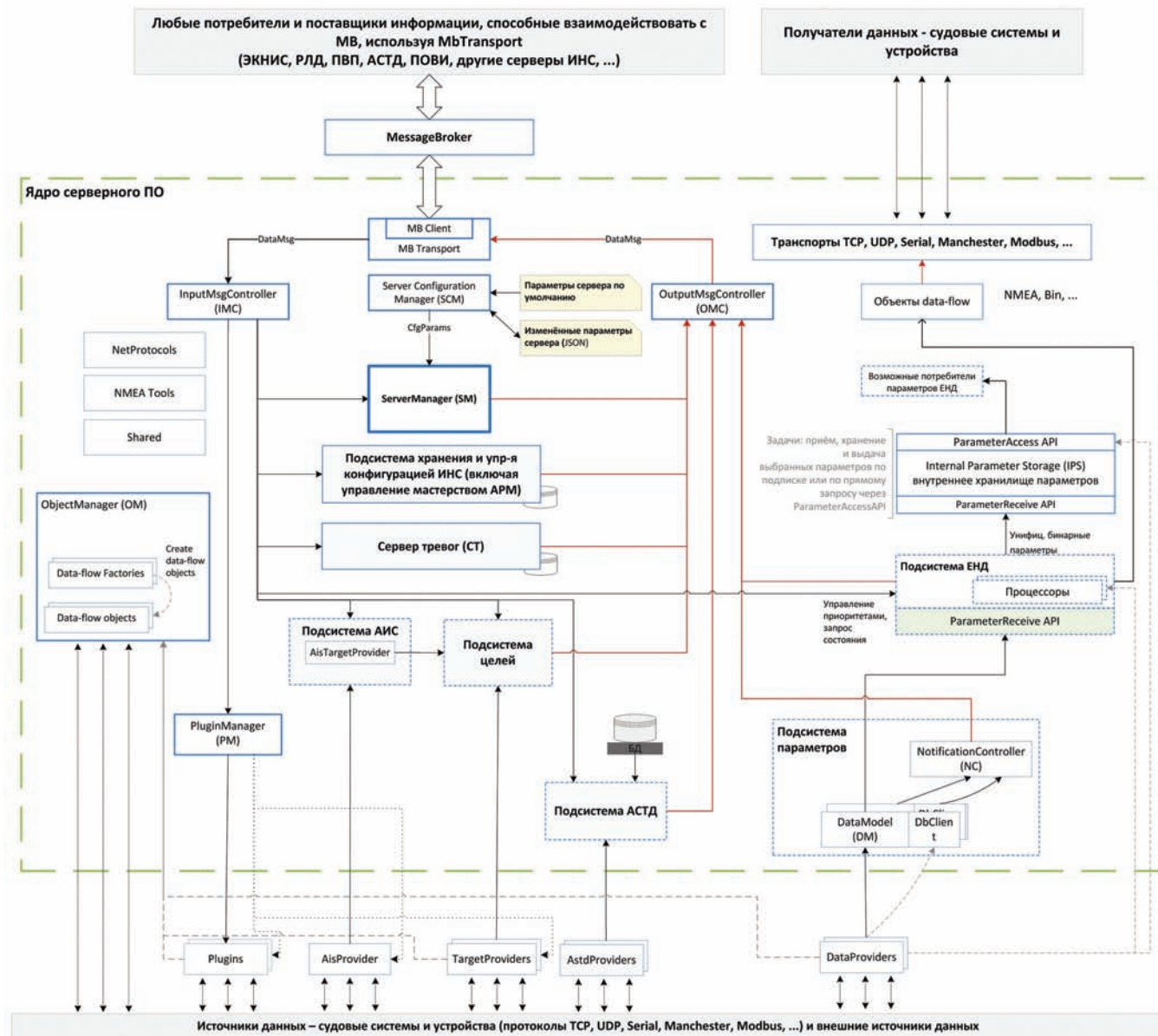


Рис. 5. Структура платформы «Муссон»

- ..... ➤ – владение объектом; - - - ➤ – действие (создание, подписка и т.д.); —➤ – поток данных команд и т.д.;
- ▭ – подсистемы и компоненты, реализуемые в ОКР «Муссон» полностью или практически полностью;
- ▭ – подсистемы и компоненты, частично реализуемые для ОКР «Муссон»

### ПОДСИСТЕМЫ И КОМПОНЕНТЫ ПЛАТФОРМЫ «МУССОН»

Изложенные выше принципы, архитектура и основные информационные технологии легли в основу структуры платформы «Муссон» (рис. 5).

Ниже приведено описание основных элементов структуры.

**Подсистема хранения и управления конфигурацией ИНС.** Основное назначение подсистемы – хранение полной актуальной конфигурации ИНС, включающей автоматизированные рабочие места (АРМ) и серверы с их ролями, адресами, режимами работы, а также обеспечение процедуры передачи управления и смены ролей, фиксация всех изменений конфигурации в базе данных. Подсистема обеспе-

чивает масштабируемость в зависимости от требований заказчика, типа судна, производительности вычислительных средств, включая бюджетные вычислительные средства.

**Сервер тревог.** Подсистема «сервер тревог» предназначена для сбора и контроля информации по тревогам от различных подсистем и приложений и распространения оповещений разных приоритетов (сообщения, предупреждения и тревоги) потребителям, т. е. клиентским приложениям, таким как ЭКНИС, аварийно-предупредительная сигнализация и пр. Источником тревог и предупреждений могут быть другие подсистемы и устройства, например, такие как радиолокационный дисплей и т. п. Подсистема тревог также ведет журнал

тревог и предупреждений и сохранение данных по тревогам в базе данных.

Основные задачи «сервера тревог» следующие:

- формирование сообщений тревог и предупреждений различного приоритета на основе анализа данных, получаемых из различных источников;
- рассылка сообщений тревог и предупреждений для возможности их получения, обработки и отображения в любых компонентах и приложениях платформы;
- управление тревогами – формирование и отправка, прием подтверждений, квитирование, закрытие;
- ретрансляция тревог и предупреждений, создаваемых другими компонентами платформы;

- обеспечение единого источника архивной информации по тревогам и предупреждениям, т. е. единой схемы архивирования и доступа к архиву.

**Подсистема АИС** предназначена для приема и передачи сообщений АИС, включая бинарные сообщения согласно циркуляру 289 ММО (маршрут, погодные данные и т. п.), управления бортовой аппаратурой АИС, отображения целей АИС и целей системы автоматической радиолокационной прокладки (САРП).

Подсистема обеспечивает прием от бортовой аппаратуры АИС сообщений АИС всех типов (1–27) посредством приема и разбора NMEA-сообщений. Прием NMEA сообщений от бортовой аппаратуры АИС происходит с использованием протокола транспортного уровня и его настроек, задаваемых в соответствующем разделе подсистемы АИС основного конфигурационного файла сервера. Из принятых NMEA-сообщений извлекается бинарная информация и выполняется агрегирование в случае приема сообщений АИС, состоящих из нескольких частей (multi-sentence message). Полученные в результате разбора бинарные сообщения АИС разделяются в подсистеме на два потока данных:

- бинарные сообщения АИС типов 1,5,18,24 с информацией о целях АИС трансформируются в унифицированные формуляры и передаются в подсистему целей;
- сообщения АИС остальных типов преобразуются в формат JSON, отправляются в форме стандартных сообщений через Output Message Controller.

Подсистема АИС отправляет сообщения АИС в эфир и управляет бортовой аппаратурой АИС, для чего в подсистеме она реализует прием и обработку стандартных сообщений типа Command, адресованных подсистеме, которые могут содержать:

- унифицированные данные сообщений АИС для формирования и отправки конкретных сообщений АИС через бортовую аппаратуру АИС;
- унифицированные данные для команд управления бортовой аппаратурой АИС, на основе которых должны быть сформированы специфические для конкретной используемой аппаратуры АИС команды управления.

Все принятые, разобранные и преобразованные подсистемой в формат JSON бинарные сообщения АИС записываются и хранятся в базе данных.

**Подсистема АСТД.** Основные функции автоматической системы технического диагностирования (АСТД) – контроль режимов работы, истории

и текущего состояния технических средств составных частей системы, предоставление рекомендаций по диагностированию и устранению возникших неисправностей.

Подсистема АСТД:

- 1) ведет визуальный контроль при помощи интерактивных элементов интерфейса, режимов работы технических средств и составных частей системы, таких как АРМы, коммутационные приборы, устройства электропитания, серверы, периферийные устройства, камеры видеонаблюдения;
- 2) отображает наличие и корректность поступающих данных по основным и резервным каналам в графическом виде;
- 3) ведет архив событий;
- 4) отображает все технические средства на многоуровневых мнемосхемах для каждой палубы;
- 5) контролирует работоспособность процессов диагностирования и устранения возникших неисправностей технических средств;
- 6) предоставляет информацию о возможности и порядке действий для восстановления работоспособности отказавших средств;
- 7) выдает рекомендации по проведению диагностики и замене вышедшего из строя оборудования;
- 8) ведет поиск информации о текущих неисправностях и поиск архивной информации об устранённых неисправностях на конкретную дату.

**Подсистема ЕНД** предназначена для получения навигационно-временных данных от различных источников, присваивания приоритетов данных согласно выбранным критериям, их первичной обработки, оценки качества и отправки потребителям. Работа подсистемы ЕНД базируется на уникальной технологии выработки вектора комплексированных навигационно-временных данных, включающих:

- координаты текущего местоположения судна;
  - точность определения местоположения судна;
  - использованные источники определения местоположения судна, выбранный режим определения местоположения судна;
  - курс судна, путевой угол, скорость судна относительно воды, скорость судна относительно земли;
  - время и временная поправка судна;
- Основные источники данных:
- спутниковые системы данных (приемники ГЛОНАСС, GPS);
  - электронные приборы и устройства определения курса и скорости относительно воды и земли (лаг, гироскопас, эхолот и т. д.).

Приоритизация может выполняться как в ручном, так и в автоматическом/полуавтоматическом режимах согласно конфигурации приоритетов источников. Управление режимами работы, приоритетами и иными параметрами работы подсистемы может выполняться из внешних клиентских приложений, таких как, например, ЭКНИС.

Критерии оценки навигационных данных качества следующие:

- частота и стабильность принимаемых данных от устройств;
- точность, заявленная источником;
- точность, полученная посредством сравнения данных с данными других источников.

В результате подсистема единых навигационных данных обеспечивает:

- вычисление и отображение на электронной карте точности определения местоположения текущей системы позиционирования;
- автоматическую фиксацию событий смены системы позиционирования, перехода на режим счисления, отказов датчиков навигационных данных, отображение таких событий на электронной карте;
- автоматический контроль (сравнения) места судна, полученного по различным системам позиционирования с анализом по заданным критериям и выдачей предупредительной сигнализации;
- возможность автоматического, полуавтоматического и ручного выбора наиболее достоверных источников навигационной информации;
- агрегирование поступающей навигационной информации от разных источников с последующей выдачей внешним потребителям унифицированного блока навигационных и метеорологических параметров.

**Подсистема целей.** Ее основная задача – реализация единого хранилища целей, способного принимать информацию о целях от разнородных источников и выдавать обработанную информацию о целях в унифицированном формате всем потенциальным потребителям в рамках ИНС как в режиме постоянного обновления, так и по запросу от потребителя с предоставлением как текущей, так и архивной информации по целям.

Подсистема целей обеспечивает:

- третичную обработку радиолокационной информации;
- расчет курса, скорости, дистанции и времени сближения с целями;
- автоматический и ручной захват цели на сопровождение;
- ведение единого списка всех унифицированных целей, поступающих в подсистему целей;



- сохранение в едином списке для каждой унифицированной цели информации о том, от какого источника она получена (идентификатор источника);
- отправку через Output Message Controller стандартных сообщений уведомления об изменениях в списке целей – добавление, удаление, объединение целей, изменение параметров целей;
- возможность конфигурирования подсистемы в соответствующем разделе файла конфигурации сервера (начальная конфигурация подсистемы);
- поддержку функции «устаревания» цели – цель удаляется из списка после прекращения поступления информации о цели в течение определенного периода времени;
- регистрацию в БД всех фиксируемых в подсистеме целей изменений целевой обстановки.

Подсистема целей может принимать информацию и от существующих судовых радаров, и от перспективных, например, с нецифлическим режимом обзора пространства на базе цифровых антенных решёток.

**База данных ИМС** разработана по принципу «расширяемой» базы данных, с которой работает сервер и любые подключенные компоненты, и обеспечивает единое информационное пространство – общие пространственные данные, единые базы данных по целям, источникам информации, базы данных пользовательской информации и т. п. Каждая таблица базы данных представляет собой совокупность строк и столбцов, где строки соответствуют экземпляру объекта, а столбцы – атрибутам (свойствам) объекта.

Любая «внешняя» подсистема, интегрируемая с платформой «Муссон», может использовать базу данных для построения собственного хранилища со всеми необходимыми связями. Таким образом обеспечивается централизованное хранение данных всех подсистем.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Единая технологическая платформа ИНС нового поколения «Муссон» – программный продукт, спектр применения которого очень широк. На базе платформы «Муссон» могут быть разработаны:

- ИНС, отвечающие существующим международным стандартам и требованиям Российского морского регистра судоходства;

- ИНС, адаптированные под перспективные задачи е-Навигации и использование е-Навигационных сервисов;
- автоматические навигационные системы для автономных и дистанционно управляемых судов;
- системы широкого назначения, требующие координатно-временного, геопространственного и информационного обеспечения для своей работы.

Платформа «Муссон» как комплекс программного обеспечения выполнена с учетом требований масштабируемости решения. Она может быть развернута как на одной рабочей станции, так и в кластерном варианте, состоящем из нескольких рабочих станций и, как минимум, двух выделенных серверов. При этом обеспечивается высокая доступность сервисов обработки, распределения и распространения данных о навигационно-целевой обстановке среди всех потребителей.

Предоставление открытого программного интерфейса приложений (API) и использование архитектуры на основе независимого компилируемых и динамически подключаемых программных модулей позволяет гибко настраивать платформу под конкретное применение, а также подключать узкоспециализированное оборудование, где это требуется. Слабая связанность компонентов между собой позволяет расширять спектр клиентского программного обеспечения, отвечающего конкретным нуждам потребителя.

Платформа разработана и функционирует на операционных системах Linux (Astra Linux 1.6), Windows 10, на процессорных архитектурах x86/64, ARM. Весь процесс функционирования протоколируется в базе данных, при этом разработка и подключение новых компонент в схему протоколирования на основе реляционной базы данных универсален и стандартизован, что позволяет достичь высоких показателей гибкости системы.

Таким образом, единая технологическая платформа «Муссон» открывает отечественным разработчикам – предприятиям судового приборостроения – новые возможности при создании судовых интегрированных систем, позволяет им использовать все преимущества применения навигационных и информационных сервисов в сочетании с существенным ускорением и удешевлением разработки систем для широкого круга применений. Поддержание платформы «Муссон» в актуальном со-

стоянии обеспечивает в течение длительного времени высокую модернизационную способность этих систем. При правильной постановке дела это может способствовать закреплению российских производителей не только на отечественном, но и на международном рынке судового приборостроения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Burns Brendan*. Designing Distributed Systems (Patterns and Paradigms for scalable, reliable services). – O'Reilly Media. – 1 ed., 2018.
2. *Williams Anthony*. Concurrency in Action. Manning Publications. – 1 ed., 2012.
3. *Mayers Scott*. Effective Modern C++. – O'Reilly Media, Incorporated. – 1 ed., 2014.
4. IALA World Wide Radio Navigation Plan, ed. 2.
5. NCSR 4/WP.4 Annex 2: Draft guidelines for shipborne Position, Navigation and Timing (PNT). Data processing. 09.03.2017.
6. *Engler E., Hoppe M., Ritterbusch J., Ehlers T., Becker C., Ehrke K.-C., Callsen-Bracker H.* Guidelines for the coordinated enhancement of the maritime position, navigation and time data system // Scientific Journals of the Maritime University of Szczecin. – 2016. – 25.03.
7. The Maritime Traffic Engineering Project: e-Navigation Integrity. Final Report.
8. IEC 61924–2. Maritime navigation and radiocommunication equipment and systems – Integrated navigation systems – Part 2: Modular structure for INS – Operational and performance requirements, methods of testing and required test results.
9. Правила по оборудованию морских судов. Ч. V: Навигационное оборудование / Российский морской регистр судоходства, 2019.
10. Итоговый научно-технический отчет по результатам ОКР «Разработка единой технологической платформы судовых интегрированных навигационных систем нового поколения». – АО «Кронштадт», инв. № К-17/13031/3–02/19. 2019 г.
11. Программная документация комплексов программного обеспечения «Единая технологическая платформа судовых интегрированных навигационных систем нового поколения» (КТДЛ.00263–01).
12. Интернет ресурсы. Дата обращения 07.11.2019:
  - <https://cwiki.apache.org/confluence/display/qp/Using+Broker+Federation>
  - <https://www.rabbitmq.com/clustering.html>
  - <https://medium.com/coderbunker/failover-with-repmgr-and-automatic-failover-implementation-357278cb35d2>
  - <https://habr.com/ru/post/254425/>
  - <https://gpsd.gitlab.io/gpsd/AIVDM.html>
  - <https://repmgr.org/docs/4.2/index.html>
  - [https://www.boost.org/doc/libs/1\\_65\\_1/doc/html/](https://www.boost.org/doc/libs/1_65_1/doc/html/) ■

**Ц**ифровизация затрагивает все сферы деятельности современного общества и имеет ключевое значение в повышении эффективности производственных процессов предприятий. Наблюдаемая в настоящее время тенденция непрерывного прогресса во всех компонентах информационных технологий (ИТ) – непрерывный рост мощностей вычислительной техники, совершенствование базовых и прикладных программных средств, развитие сетевых технологий – определяет возможности принципиально новых технологических решений, способствующих созданию цифрового предприятия, использующего ИТ в качестве конкурентного преимущества в своей деятельности.

Акционерное общество «Концерн «НПО «Аврора» (далее по тексту – Общество) – одно из ведущих приборостроительных предприятий судостроительной отрасли по разработке, поставке и сопровождению на дальнейших этапах жизненного цикла автоматизированных систем управления (СУ) для морской техники военного и гражданского назначения. Долгосрочная стратегия развития Общества нацелена на повышение производительности труда и качества выпускаемой продукции, что во многом связано с увеличением эффективности использования и развития новейших ИТ, применяемых в производственных процессах. Одна из основных целей, определяющих значимое направление дальнейшего совершенствования выпускаемой продукции, – снижение издержек проектных работ по созданию продукции [1].

Продукция Общества представляет собой локальные, комплексные и интегрированные СУ корабельными техническими средствами. Как правило, основу таких систем составляют наборы распределенных вычислительных узлов (ВУ), содержащих общесистем-

## ТЕХНОЛОГИЯ ОТЛАДКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОРАБЕЛЬНЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

**К.Ю. Шилов**, д-р техн. наук, ген. директор,  
**С.В. Федоров**, директор по информационным технологиям,  
**К.О. Строкин**, канд. техн. наук, инженер-программист 1-й категории,  
 АО «Концерн «НПО «Аврора»,  
 контакт. тел. (812) 702 5971

ное программное обеспечение (ОПО) и функциональное (прикладное) программное обеспечение (ФПО). Обмен информацией между ВУ осуществляется по различным каналам ввода-вывода и сетевым интерфейсам (рис. 1).

В связи с непрерывным повышением уровня сложности выпускаемой Обществом продукции важнейшая роль в процессе проектирования СУ отводится разработке и отладке встраиваемого ПО, которое обрабатывает информацию о состоянии объекта управления (ОУ), обеспечивает взаимодействие с оператором и непосредственно управляет исполнительными устройствами. Опыт показывает, что более половины трудоемкости проектных работ приходится на разработку ФПО и отладку его взаимодействия с ОПО [1, 2].

Разработка ПО осуществляется с применением широкой номенклатуры средств: от традиционных языков программирования до специализированных систем автоматизированного проектирования (САПР), что обуславливается спецификой аппаратуры, на которой оно реализовано. Как правило, выбор инструмента создания ПО определя-

ется непосредственно разработчиком. При этом отмечается возрастание роли средств визуализации в технологиях программирования. Широкое применение получают средства разработки, использующие графический подход к автоматизации создания ПО. Данный подход основан на способе создания программ путем манипулирования унифицированными графическими объектами вместо написания их текста. Генерация программного кода, непосредственно используемого в загрузочных модулях ВУ, происходит автоматизировано.

Качество разработанного комплекса ПО определяется в ходе измерения и оценки свойств при проведении проверок функционирования его составных частей по наиболее значимым для заказчика характеристикам. Традиционно проверка качества изделий, выпускаемых НПО «Аврора», осуществляется в ходе отладки и испытаний на различных стадиях их жизненных циклов (ЖЦ) [3].

В настоящее время классическая технология отладки функционирования ПО систем, успешно применяемая разработчиками на протяжении многих лет, включающая доработку ФПО на испытательных стендах, достигает предела своего развития, оставаясь при этом достаточно трудоемкой. На смену ей приходят современные ИТ, использование которых позволяет сместить акцент отладки функционирования продукции на этапы разработки, предшествующие стендовым испытаниям.

Одним из наиболее перспективных направлений развития используемых в Обществе ИТ является разработка и применение современных методов компьютерного моделирования для отладки ПО, обеспечивающих принципиальную возможность сосредотачивать основную долю изменений и затрат на этапе рабочего проектирования, что позволяет существенно уменьшать общий объем издержек и снижать сроки разработки продукции.

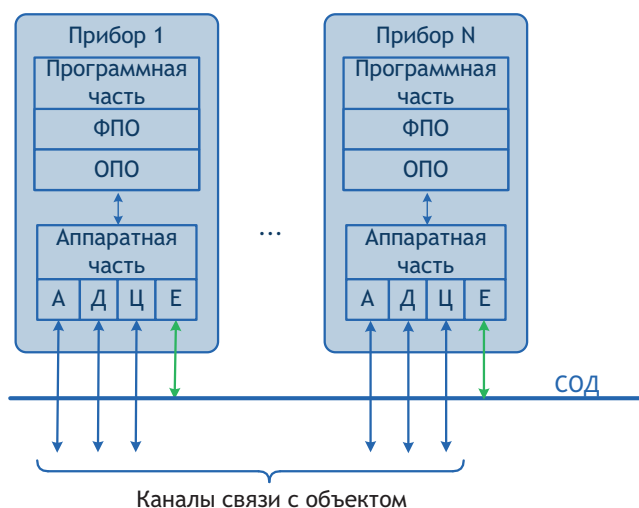


Рис. 1. Вычислительные узлы системы управления: А – аналоговый ввод/вывод; Д – дискретный ввод/вывод; Ц – Mil-Std, CAN, RS-232/422/485; Е – система обмена данными (СОД)



## Номенклатура программной документации на ВС КСУ (КМ СУ)

| Наименование документа             | Код | ВС КСУ | КМ СУ |
|------------------------------------|-----|--------|-------|
| Спецификация                       | -   | ●      | ●     |
| Текст программы                    | 12  | -      | ●     |
| Описание программы                 | 13  | -      | ●     |
| Руководство программиста           | 33  | -      | ●     |
| Программа и методика испытаний     | 51  | ○      | ○     |
| Перечень (комплектность) ПД        | 90  | ●      | ●     |
| Загрузочный модуль                 | 91  | -      | ●     |
| Методика загрузки модуля-заготовки | 92  | -      | ●     |
| Перечень ресурсов АС КМ КСУ ТС     | 95  | -      | ●     |
| Файл лицензий                      | 99  | -      | ●     |

● – документ обязательный; ○ – необходимость выпуска документа определяется на этапе разработки ТЗ на ВС КСУ; АС КМ КСУ ТС – автоматизированная система компьютерного моделирования КСУ ТС.

Для проверки правильности функционирования и отладки сложных программных комплексов в Обществе была разработана специализированная технология компьютерного моделирования. В основе технологии лежит принцип виртуализации распределенных ВУ систем управления. Штатные загрузочные модули (ЗМ) разрабатываемого ФПО устанавливаются в соответствующие эмуляторы аппаратных средств, образуя в специализированной программной среде совокупности виртуальных ВУ (компьютерных моделей ВУ). Объединение ВУ в единый комплекс осуществляется в соответствии с топологией будущей СУ. Таким образом в виртуальной среде формируется функциональная компьютерная модель СУ или виртуальный стенд (ВС), позволяющий проводить отладку ПО.

Компьютерная модель каждого ВУ – это отдельная исполняемая виртуальная машина (ВМ), которая включает в себя неизменное ФПО и операционную систему штатных ЗМ. В связи с тем, что в виртуальной среде эмулируется только стандартное аппаратное обеспечение (процессор, оперативное запоминающее устройство, дисковая память и сетевые интерфейсы), в ходе работ вместо штатных драйверов и менеджеров межприборных сетей ОПО, отвечающих в реальных изделиях за взаимодействие ФПО с модулями ввода-вывода и интерфейсами сетевого обмена (по протоколам «CAN», «MIL», «RS» и т.д.), было разработано специализированное ПО, которое реализует функции взаимодействия с ФПО. При этом данное ПО перенаправляет все данные в виртуальную сеть посредством протокола Ethernet [4].

Неотъемлемой частью функциональной компьютерной модели СУ является модель аппаратных средств изделия, обеспечивающая преобразование и рас-

пределение сигналов между виртуальными ВУ. Разбиение аппаратных средств по специфике назначения позволяет группировать их в следующих категориях: устройства ввода-вывода, устройства сетевого обмена, устройства вторичного преобразования сигналов, органы управления и отображения информации.

Моделирование компонентов или всей совокупности аппаратных средств возможно различными способами и инструментами в несколько этапов. На первоначальном этапе разработки ФПО системы достаточно использования упрощенной модели аппаратуры, обеспечивающей отладку алгоритмов управления и проверку межприборного и межсистемного взаимодействия. Дальнейшая детализация модели аппаратных средств позволяет оценивать быстродействие системы, проводить настройки коэффициентов регулирования, имитаций отказов и более полные проверки функционирования моделей по методикам, основывающимся на соответствующих методиках для СУ.

Виртуальные стенды и компьютерные модели СУ являются комплексами ПО. Для нормативного обеспечения разработки компьютерных моделей (КМ) и виртуальных стендов (ВС) в Обществе применяются как государственные стандарты, так и положения и стандарты, разработанные на предприятии.

Комплексы ПО ВС комплексной СУ (КСУ) и КМ СУ – составляющие комплекта специализированных средств контроля (ССК) СУ. Программная документация на комплексы ПО ВС КСУ и КМ СУ выпускается в объеме, представленном в таблице.

Проверка и отладка функционирования ПО в виртуальной среде должна выполняться с применением достоверных компьютерных математических моделей (ММ) объектов управления (ОУ). В Обществе для этих целей применяются отдельные ММ собственной разработки, создаваемые на основе технических заданий (ТЗ) на проектирование СУ (рис. 2).

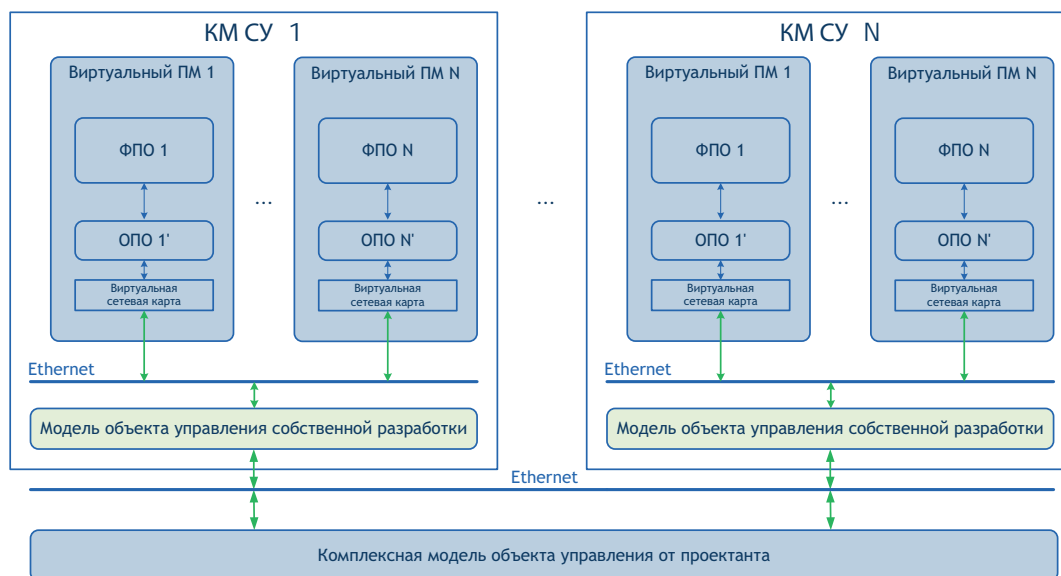


Рис. 2. Компьютерная модель комплексной системы управления

Однако в процессе создания ряда изделий заказчики продукции Общества рассматривают возможность применения комплексных ММ главных энергетических установок, поставляемых предприятиями-контрагентами [1]. Использование таких моделей на ранних этапах проектирования изделий, в частности на этапе отладки ПО, позволяет повысить качество как самих систем, так и объектов управления. Созданная и внедренная в проектную сферу деятельности НПО «Аврора» технология компьютерного моделирования позволяет использовать как модели ОУ собственной разработки, так и поставляемые предприятиями-контрагентами.

При создании комплексных ММ объектов управления разработчиками принимаются попытки учесть влияние на функционирование будущих изделий совокупности различных факторов. Однако очевидно, что разработка моделей ОУ без участия разработчиков СУ не может гарантировать принятия правильного проектного решения и решения о готовности изделия к установке на объект. С учетом частого изменения исходных данных, требующих корректировок алгоритмов управления, целесообразно использовать комплексные ММ объектов управления на этапах проектирования СУ, в частности, на этапе создания ВС, в рамках которого могут проходить совместную отладку функционирования компьютерные модели СУ различных корабельных технических средств.

Совместное использование моделей СУ и комплексных ММ объектов управления на этапе создания ВС в процессе разработки нового изделия позволит дать надежный прогноз поведения СУ и быстро сопоставить альтернативные проектные решения, снизить объем эк-

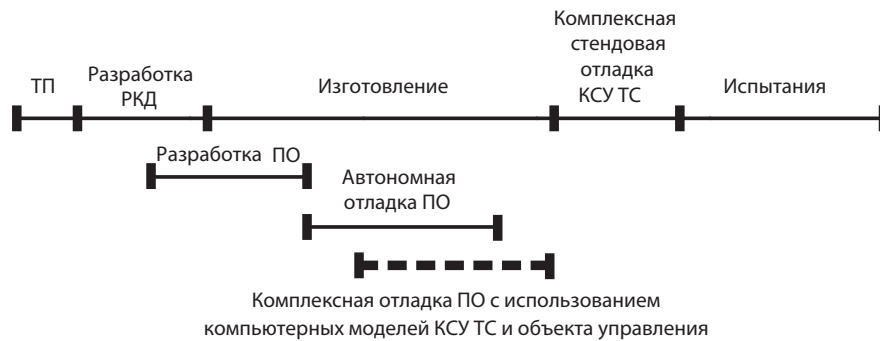


Рис. 3. Место компьютерного моделирования КСУ ТС и объекта управления в процессе проектирования

спериментальной доработки и доводки изделия, ускорить и удешевить процесс проектирования. При наличии строгого соответствия режимов работы и алгоритмов управления корабельных технических средств в составе комплексной ММ объекта управления техническим заданиям на разработку СУ, поступающим в Общество от предприятий-проектантов, использование описанного подхода дает дополнительный инструмент промежуточного контроля качества как будущих корабельных технических средств, так и их систем управления.

Представленная технология внедрена в ЖЦ разработки продукции Общества и позволяет на этапе создания ВС проводить совместную отладку компьютерных моделей КСУ ТС и объекта управления (рис.3). Результатом работ данного этапа при использовании комплексной ММ объекта управления может быть согласованная корректировка исходных данных и алгоритмов управления корабельными техническими средствами, выдаваемых предприятиями-проектантами в ТЗ на разработку СУ. При этом комплексная ММ как имеющая статус уточненного ТЗ на проектирование СУ будет наиболее прибли-

женным к описываемому объекту инструментом для выполнения проектных работ до поставки СУ на объект.

Применение принципов компьютерного моделирования в виртуальной среде сложных распределенных программных комплексов, являющихся наиболее значимой составляющей выпускаемой продукции, представляется одним из стратегических направлений развития проектной сферы деятельности НПО «Аврора».

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шилов К. Ю. Перспективы развития интегрированных корабельных систем четвертого поколения // Морской вестник. – 2018. – № 2 (66). – С. 81–84.
2. Шилов К. Ю. Технические и технологические направления развития цифровых систем морской радиоэлектроники // Системы управления и обработки информации. – 2015. – № 31. – С. 3–11.
3. Федоров С. В., Строкин К. О. Организация отладки систем управления в виртуальной среде // Стандарты и качество. – 2018. – № 8 (974). – С.106–107.
4. Федоров С. В. Применение комплексных моделей ИАСУ для отработки процессов управления и контроля // Морские интеллектуальные технологии. – 2016. – № 3 (33). – С. 41–46. ■

#### ВВЕДЕНИЕ

Наличие в составе корабельной комплексной системы управления техническими средствами (КСУ ТС) бортового тренажера (БТ) накладывает дополнительные требования к использованию корабельных технических средств при их совместной работе.

Базовыми принципами использования бортового тренажера являются безопасность и безаварийная эксплуатация технических средств корабля. На кораблях и судах ВМФ режимы использования технических средств по разным видам готовности определяет «Руководство по боевому использованию технических средств» или «Инструкция по использованию технических средств на неспецификационных режимах». Системы корабля по признаку работы можно

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БОРТОВЫХ ТРЕНАЖЕРОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ КОРАБЕЛЬНЫХ ОПЕРАТОРОВ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ

**В.В. Кобзев**, д-р техн. наук, проф., гл. науч. сотрудник,

**В.В. Иваницкий**, вед. инженер,

**Ю.Н. Сизов**, канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник, директор проектного центра, АО «Концерн «НПО «Аврора»,  
контакт. тел. (812) 6101109

разделить на три большие группы:

1) система, работающая эпизодически. К таким системам можно отнести, например, автоматизированные информационно-управляющие системы, используемые при стрельбе;

2) система, используемая периодически. К таким системам можно отнести, например, системы управления маневрированием. Такие системы, как правило, работают только в море или при перешвартовках, в базе;



3) система, работающая непрерывно. К таким системам можно отнести, например, системы управления общекорабельными средствами. Такие системы, как правило, работают всегда.

Если с созданием бортового тренажера на аппаратуре работающей, эпизодически и периодически, особых проблем не возникает, то создание бортовых тренажеров на аппаратуре, работающей непрерывно, невозможно. В последнем случае проблема решается использованием резервных пультов. Но даже при этом возникает ряд проблем технического и организационного плана подлежащих решению.

При работе тренажера исключается работа пульта по его прямому функциональному назначению, заключающемуся в управлении техническими средствами корабля; он не принимает поступающую к нему в обычном режиме информацию и работает в своем информационном поле. Более того, БТ отправляет в «боевую» сеть корабля свои информационные потоки, которые загружают корабельные коммутаторы, а в некоторых случаях не исключена вероятность ложных срабатываний технических средств как следствие его работы. Учитывая эти обстоятельства, необходимо доработать инструкции по эксплуатации технических средств с целью внесения в них соответствующих изменений, исключающих возможность возникновения аварийных ситуаций при работе бортового тренажера; определить состояния корабля, при которых возможно исключение работы пульта по его прямому назначению и использованию его в качестве БТ; определить условия перехода аппаратуры в учебно-тренировочные режимы. Следует определить режимы выхода из учебно-тренировочных режимов как в штатном режиме, так и при возникновении аварийной ситуации. Таким образом, безаварийная эксплуатация технических средств корабля при работе БТ должна достигаться комплексом организационно-технических мероприятий. Рассмотрение некоторых из них является целью данной статьи.

### 1. БТ В СОСТАВЕ РЕЗЕРВНОГО ПУЛЬТА УПРАВЛЕНИЯ

Использование БТ, встроенного в резервный пульт КСУ ТС, при нахождении корабля в море вполне возможно [1], но требует дополнительного изучения, в том числе с учетом специфики каждого отдельного корабля, а также привлечения к разработке этого варианта личного состава, эксплуатирующего указанную технику. На рис. 1 показан БТ в составе резервного пульта управления (РПУ), расположенного в запасном командном посту энергетики и живучести (ЗКПЭЖ) надводного корабля.

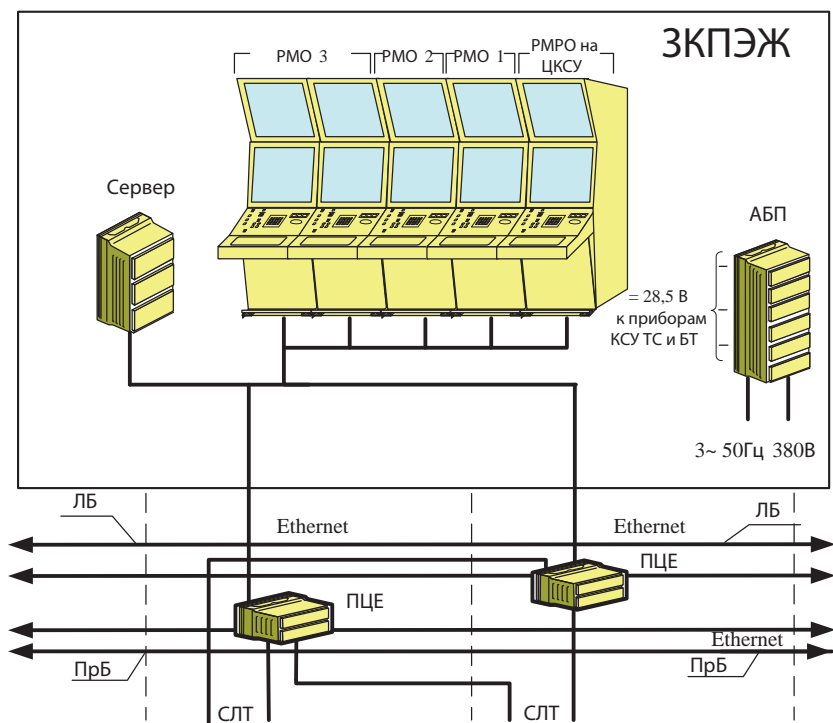


Рис. 1. БТ в составе РПУ: АБП – аппаратура бесперебойного питания, РМО – рабочее место обучающегося, РМО – рабочее место руководителя обучения, ЦКСУ – центральная координирующая система управления, ПЦЕ – прибор центральный технологический, СЛТ – станция локальная технологическая

Рассмотрим использование БТ при нахождении корабля в базе, у стенки пирса. Стояночный режим является наименее загруженным режимом работы технических средств, который допускает проведение с личным составом, свободным от несения дежурства и вахты, занятий по специальности, тренировок, учений и других учебно-тренировочных мероприятий. Согласно требованиям руководящих документов, в этом режиме выведено из действия большинство технических средств корабля, часть исполнительных органов переведена на ручное управление, поставлена на стопора и замки, от них отведены управляющие среды; в системе обмена данными (СОД) циркулирует минимальный объем информации; личный состав находится по готовности 2, выполняя обязанности по распорядку дня. Все это дает дополнительные гарантии безопасной эксплуатации технических средств и предотвращения возникновения аварийной ситуации во время проведения тренировок на бортовом тренажере.

Контроль состояния и значений параметров объектов управления и контроля, находящихся в работе, поддерживается периферийной аппаратурой систем управления техническими средствами, которая в тренажерном режиме не прекращает работу и продолжает передачу данных на пульт ЦКСУ через пульты управления функциональных систем управления. В суточных планах боевой подготовки экипажа необходимо предусмотреть лимит времени на учеб-

ные мероприятия с использованием БТ, поскольку при этом будут задействованы штатные системы управления в составе резервных пультов управления.

Тренировки проводятся в плановом режиме, при наличии разрешения от руководителя обучения, во время, отведенное для занятий по специальности, с записью в вахтенный журнал корабля. Выход из учебно-тренировочного режима происходит автоматически:

- при срабатывании аварийно-предупредительной сигнализации работающих технических средств;
- при объявлении аварийной тревоги фактически;
- при переводе центрального пульта ЦКСУ в режим «Аварийный»;
- при срабатывании датчиков возникновения пожара, поступления воды, радиационной опасности и т.п.

В качестве технического метода организации безаварийной эксплуатации технических средств корабля при работе БТ предлагается разделение информационных потоков тренажера и боевой системы путем создания виртуальной изолированной сети БТ на канальном уровне, на базе одного и того же набора сетевых коммутаторов, в рамках одного помещения. Таким образом будет снижено до минимума поступление в СОД информационных потоков тренажера.

Переход в тренажерный режим возможен при обязательном выполнении следующих условий безопасной эксплуатации технических средств:

- корабль находится в месте базирования, у стенки пирса;
- остановлены главные двигатели энергетической установки;
- принято электропитание с берега;
- технические средства в соответствии с инструкцией по использованию в базе при стоянке у пирса переведены на ручное управление, поставлены на стопора и замки, управляющие среды отведены;
- управление техническими средствами систем переведено на местные посты;
- для кораблей с ядерной энергетической установкой (ЯЭУ) выполнены требования по обеспечению ядерной безопасности;
- периферийная аппаратура систем управления исправна;
- значения параметров работающих технических средств находятся в допустимых пределах;
- обеспечивается контроль работы органов управления корабля и аппаратуры систем управления с центральных пультов КСУ ТС;
- проводятся занятия по специальности по утвержденным планам;
- получено разрешение руководителя обучения на перевод резервных пультов в режим тренажера, с записью в вахтенный журнал.

## 2. БТ НА ОТДЕЛЬНОЙ СТОЙКЕ

Все вышесказанное относится к БТ, встроенному в КСУ ТС. Если тренажер реализован в отдельной тренажерной стойке или организуется тренировка с использованием программных средств подготовки (ПСП), то применение тре-

нажера значительно упрощается. На рис. 2 показан БТ на отдельной стойке в помещениях ЗКПЭЖ или КПЭЖ.

Тренировку с использованием отдельной стойки или ПСП можно проводить в любое удобное для личного состава время. Обучающему нужны только отдельная стойка или, в случае использования ПСП, персональный компьютер, подключенный к корабельной СОД. Такой вид обучения доступен в любое время и не требует особой подготовки технических средств корабля.

Отдельная стойка для тренажера широко используется в гражданском судостроении. Использование отдельной стойки предполагается только на надводных кораблях, где достаточно места для ее размещения. Для подводных лодок, скорее всего, такой вариант непригоден.

Применение программных средств подготовки в виде электронных комплексов возможно в любые периоды использования корабля. Такие системы предполагается использовать как средство развития пространственного мышления экипажа, предтренажерной подготовки или для проведения различных квалификационных тестов таких, например, как сдача на самостоятельное управление своим заведением.

Дальнейшее развитие программных средств подготовки осуществляется на основе использования различных мобильных платформ, как приложения для смартфонов, создание электронных книжек «Боевой номер» и т.п. На рис. 3 показано программное средство подготовки на смартфоне.



Рис. 3. ПСП на смартфоне

## 3. МОДУЛЬ ЭТАЛОННЫХ СЦЕНАРИЕВ

Специфика корабля налагает определенные требования к реализации тренажерного режима в полном объеме. Эти требования связаны прежде всего с определением уровня обученности (тренированности) корабельных операторов. Поскольку в составе экипажа нет штатных преподавателей, уровень обученности должен определяться автоматически на основе «принципа эталона». В БТ должно предусматриваться одновременное прохождение двух процессов: реального и эталонного. Степень расхождения между ними покажет уровень обученности тренируемого специалиста. Таким образом, принципиальной особенностью БТ является наличие в нем нового информационного элемента – модуля эталонных сценариев [2].

По всему перечню учебных занятий разрабатываются «эталонные сценарии», которые будут являться содержанием модуля эталонных сценариев (МЭС), который, в свою очередь, входит в состав ПО РМРО.

Основная трудность заключается в создании эталонных учебных сценариев по всей программе подготовки оператора. Наиболее целесообразным представляется подход, связанный с применением методов теории экспертных систем в части взаимодействия инженера по знаниям с экспертом.

Экспертами могут быть высококвалифицированные операторы и преподаватели учебных центров ВМФ, а инженерами по знаниям – инженеры-программисты. На этапе разработки БТ база данных МЭС создается на основе инструкций по управлению и руководств по эксплуатации. Конечный результат будет зависеть от того, насколько эффективно организовано взаимодействие группы экспертов и группы программистов, так как первая относится к заказчику, а вторая – к исполнителю.

Схема бортового тренажера с МЭС приведена на рис. 4.

С РМРО преподаватель задает тему тренировки обучающему на рабочем месте оператора (РМО) и в МЭС. Эле-

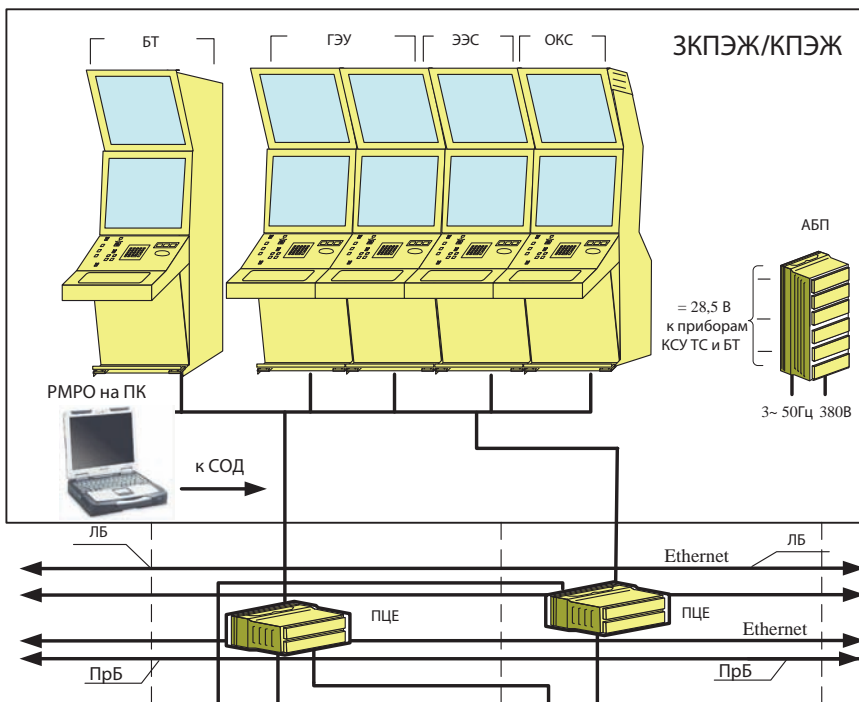


Рис. 2. БТ на отдельной стойке: ГЭУ – главная энергетическая установка, ЭЭС – электроэнергетическая система, ОКС – общекорабельные системы



ментами эталонного сценария являются эталонные действия. Посредством постоянной связи между МЭС и ИПО СУ эталонные действия (ЭД) сравниваются с фактическими действиями (ФД) оператора. На основе сравнения формируется сообщение об ошибке в реализации конкретного фактического действия. Это сообщение транслируется на РМО руководителю обучения и/или на РМО оператору. В зависимости от выбранного метода преподаватель может контролировать отдельные действия или осуществлять выходной контроль по итогам занятия. Ошибки оператора фиксируются автоматически. Формализация эталонных и фактических действий выполняется моделями функциональных сетей, которые включают: рабочие сенсорные и моторные операции, операции функционального и диагностического контроля, операции принятия решения. При этом учитываются технологические задержки, время действий оператора и время срабатывания технических средств.

Таким образом, для контроля уровня обученности в составе ПО РМО необходимо иметь модуль эталонных сценариев.

Схема формирования сообщения об ошибке представлена на рис. 5 [3].

Как видно из рис. 5, модуль эталонных сценариев включает следующие компоненты: базу данных с набором эталонных сценариев по всему циклу учебных занятий; редактор эталонных сценариев, позволяющий преподавателю вводить начальные условия моделирования; таблицу эталонных действий, являющихся элементами эталонного сценария; блок контроля исполнения таблицы эталонных действий, в котором происходит сравнение эталонного сценария с фактическим ходом учебного занятия (эталонное действие сравнивается с фактическим); блок формирования сообщения об ошибке, которое транслируется на РМО и/или РМО и в архив БД ЭС. В какой адрес передавать сообщение об ошибке решает преподаватель.

Таблица фактических действий генерируется по мере выполнения оператором учебного задания в ИПО СУ. Так как в зависимости от назначенных преподавателем начальных условий тренировки необходимая последовательность действий оператора может различаться, и, кроме того, нередко имеются несколько способов достижения цели занятия, сценарий выполнения задания оказывается ветвящимся.

Последовательность действий эталонного решения формируется в таком случае в виде функциональной сети или графа [4]. Узлами ветвления являются:

- действия по контролю состояния сигнализаторов (ветвление по результату выполнения логического

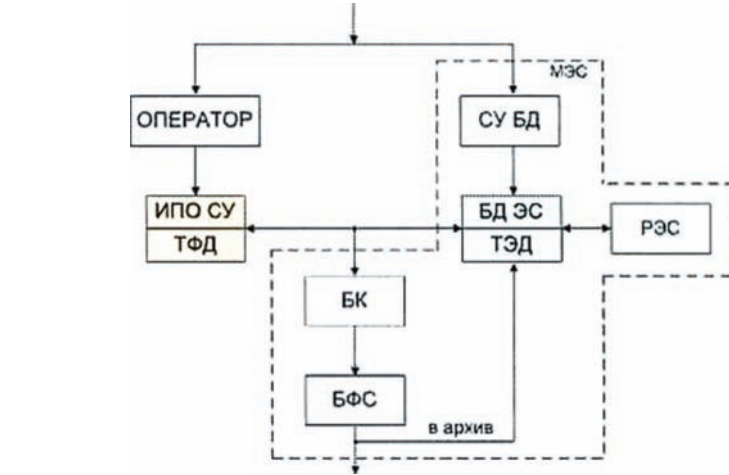


Рис. 5. Схема формирования сообщения об ошибке: ТФД – таблица фактических действий; СУБД – система управления базой данных; БД ЭС – база данных эталонных сценариев; ТЭД – таблица эталонных действий; РЭС – редактор эталонных сценариев; БК – блок контроля исполнения ТЭД; БФС – блок формирования сообщения

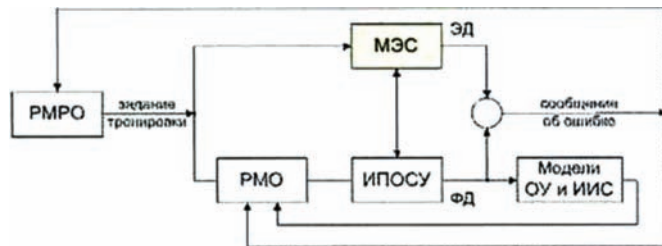


Рис. 4. Схема БТ с МЭС: ИПО СУ – имитатор программного обеспечения системы управления; МЭС – модуль эталонных сценариев; ФД – фактические действия; ОУ – объект управления; ИИС – информационно-измерительные системы; ЭД – эталонные действия

сравнения «да - нет»), при этом прямая последовательность действий рассматривается как выбираемая при положительном исходе; – специально вводимые точки ветвления, соответствующие выбору из имеющихся равноправных альтернатив (условное действие «альтернатива»).

Для некоторых действий может потребоваться задание контроля времени их выполнения, а именно: для управляющих действий оператора может быть указано предельно допустимое время выдачи оператором требуемой команды; для действий по контролю сигнализации – время срабатывания сигнализации.

Для систем управления, характеризующихся большим количеством команд управления и сигнализаторов, относящихся к разным подсистемам, целесообразно ввести иерархическое представление списка доступных действий с выбором сначала интересующей подсистемы и отображением в списке элементов только для выбранной подсистемы.

При включении нового действия в набор эталонного сценария необходимо указать параметр команды или сигнала в зависимости от типа действия [4]:

- для дискретной команды – включить (открыть) или отключить (закрыть);
- для аналоговой команды (задание уставки) – заданную величину ус-

тавки (в единицах, отображаемых на пульте управления);

- для контроля сигнализатора с двумя состояниями – есть сигнал или нет;
- для контроля сигнализатора с тремя состояниями (индикатор с засветкой миганием): есть, нет, мигает;
- для контроля сигнализатора аварийно-предупредительной сигнализации (индикатор с разноцветной засветкой) – красный, желтый, зеленый цвет либо отсутствие засветки;
- для контроля аналогового сигнала – пороговое значение сигнала (в единицах, отображаемых на пульте управления). Требуется указать логическое место добавляемого действия в дереве формируемого набора относительно выбранного в данный момент (подсвеченного) элемента, который рассматривается как точка ветвления:
  - добавить ниже (в прямую нисходящую ветвь дерева);
  - добавить справа (в боковую нисходящую ветвь дерева). Требуется указать отведенное время на выполнение действия: лимит времени на ввод команды управления или предельно допустимое время срабатывания сигнализации.

При включении в набор условного действия «альтернатива» выполняется только выбор места включения. Сфор-

мированный набор действий, включая атрибуты каждого действия, сохраняется в таблице EtalonActionsList БД.

Таблица фактического сценария содержит последовательность действий, выполняемых обучающимся оператором в ходе учебного занятия (кроме действий по управлению собственно занятием), и формируется на основе графа эталонного сценария, который при этом:

- линеаризуется в соответствии с фактическим ходом занятия, где в каждой из точек ветвления выбирается одна из указанных альтернатив при условном ветвлении (на действиях по контролю сигнализации) – по значениям контролируемых параметров, зафиксированных к моменту выбора; при ветвлении между равноправными альтернативами (специальные узлы типа «альтернатива») – по фактическому выбору оператора;
- дополняется не предусмотренными эталонным сценарием управляющими воздействиями, произведенными оператором в ходе тренировки;
- отсекается снизу по первому обнаруженному действию, которое не было выполнено.

Все действия, включаемые в таблицу фактического сценария, помечаются одной из следующих оценок:

- действие выполнено успешно;
- действие выполнено несвоевременно (для действия по управлению) – при превышении заданного лимита времени на ввод управляющего воздействия;
- действие не выполнено в том числе по следующим причинам:
- отказ системы (для действий по контролю сигнализации, не являющихся точками ветвления эталонного сценария) – при превышении заданного лимита времени ожидания срабатывания сигнализации;
- ошибки оператора – во всех остальных случаях невыполнения действия;
- действие ошибочно (неверно либо избыточно) – для действий по управлению, произведенных сверх указанных в эталонном сценарии.

Оценка о невыполнении может быть дана только одному действию, при этом дальнейшая раскрутка графа эталонного сценария прекращается. Отметим также, что для выявления отказов выполнения команд управления в эталонном сценарии необходимо всегда указывать предельно допустимое время срабатывания средств сигнализации.

Общая оценка выполнения задания определяется оценками отдельных действий, формируется по наихудшей из имеющихся частных оценок, с учетом общего лимита времени на выполнение задания (если он определен) и принимает одно из следующих значений:

- задание выполнено успешно (все действия в таблице имеют пометку «успешно»);
- задание выполнено с ошибочными действиями;
- задание выполнено с несвоевременными действиями; задание выполнено с нарушением лимита времени;
- задание выполнено с ошибочными и несвоевременными действиями;
- задание выполнено с ошибочными действиями и нарушением лимита времени;
- задание выполнено с несвоевременными действиями и нарушением лимита времени;
- задание выполнено с ошибочными, несвоевременными действиями и нарушением лимита времени;
- задание не выполнено: ошибка оператора;
- выполнение задание прервано (не завершено).

Структурные элементы БД модуля эталонных сценариев представляют собой таблицы с функциональными полями, которые описывают все множество действий по реализации алгоритмов управления, а также все аспекты организации и контроля учебного процесса [5].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Облик БТ будет зависеть от типа корабля, на который предполагается его установить (надводный корабль или подводная лодка), и архитектуры КСУ ТС, предписанной в техническом задании.

Наличие РМРО в любом из перечисленных видов является, по нашему мнению, необходимым условием трансформации УТР в полноценный тренажерный режим. РМРО может быть реализовано на резервном пульте ЦКСУ, при наличии в составе КСУ ТС резервных пультов, или возможна организация РМРО на отдельном переносном компьютере, подключаемом к РПУ на время проведения занятия. Однако реализация РМРО на переносном компьютере может добавить сложностей организационного плана из-за требований защиты информации, поэтому предложение по реализации его на отдельном пульте производства нашего предприятия, который будет установлен стационарно, представляется более рациональным. Вычислительные возможности данного пульта можно использовать для хранения моделей и другого ПО в интересах тренажера.

Необходимо отметить, что предлагаемый вариант исполнения БТ на основе резервных пультов управления хотя и позволяет проводить подготовку в составе боевой смены и имеет более низкую стоимость по отношению

к тренажерам учебных центров, но не может быть использован для подготовки специалистов «с нуля». Педагогической целью подготовки на БТ может быть поддержание навыков управления на уровне квалификационных требований с акцентом на аварийные ситуации и поиск отказов.

Аппаратный состав бортового тренажера предлагается в нескольких вариантах.

Вариант 1 (при наличии на ЗКП (ЗКПЭЖ) полного состава дублирующих пультов):

- РМРО на резервном пульте ЦКСУ;
  - РМО на соответствующих резервных пультах;
  - сервер (опционально);
  - коммутатор и система обмена данными тренажера из состава СОД корабля;
  - электропитание из состава сети централизованного питания корабля.
- Вариант 2 (при отсутствии на ЗКП (ЗКПЭЖ) полного состава дублирующих пультов):

- РМРО на переносном компьютере или специальной стойке;
  - РМО на соответствующих резервных пультах;
  - сервер (опционально);
  - коммутатор и система обмена данными тренажера из состава СОД корабля;
  - электропитание из состава сети централизованного питания корабля.
- Вариант 3 – (для надводного корабля):
- БТ на специальной дополнительной стойке производства нашего предприятия;
  - РМРО на переносном компьютере;
  - электропитание из состава сети централизованного питания корабля.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Блинов С.В., Киселев В.В., Сус Г.Н. Бортовой тренажерный комплекс, встроенный в систему управления техническими средствами ПЛ// Системы управления и обработки информации: Науч.-техн. сб. / ОАО «Концерн «НПО «Аврора». – СПб.– 2010. – Вып. 21. – С. 134–138.
2. Кобзев В.В., Шилов Д.К. Тренажер на борту корабля // Морской вестник. – 2015. – №3(55). – С.79–80.
3. Болховитнов В.К., Кобзев В.В., Кузнецов Ю.А., Шилов К.Ю. Устройство формирования информационных сообщений. Патент РФ на полезную модель, В63Н25/04, 147487, 2014 // Бюлл., 2014, 31.
4. Губинский А.И. Надежность и качество функционирования эргатических систем. – Л: Наука, 1982. – 270 с.
5. Кобзев В.В., Сизов Ю.Н., Скитидарников А.С., Шилов Д.К. Контроль ошибочных действий оператора при отработке на тренажере. // Программные продукты и системы. – 2013. – №4. – С.271–277. ■



Наиболее распространенным методом, обеспечивающим приемлемую точность определения координат излучающей цели в пассивном режиме, является триангуляционный (пеленгационный, угломерный) метод, который основан на измерении пеленгов на цель как минимум в двух точках приема, разнесенных на некоторое известное расстояние, называемое триангуляционной базой.

На точность определения дальности до излучающей цели триангуляционным методом (при ее пеленговании двумя подвижными носителями) оказывает влияние ряд величин. Известно [1], что ошибка определения координат обратно пропорциональна величине синуса угла между линиями положения, который зависит от величины базы, ее ориентации относительно направления на цель и дальности до цели. Увеличение базы сокращает время решения задачи с требуемой точностью.

При статистической обработке радиолокационных измерений имеют дело с погрешностями измерений. Каждую погрешность измерений можно представить суммой некоррелированной от замера к замеру флуктуационной (случайной) ошибкой с постоянной дисперсией и систематической ошибкой, постоянной на интервале наблюдения и меняющейся от реализации к реализации.

Случайная составляющая ошибки пеленгования обусловлена процессом измерения пеленга, а к появлению систематической составляющей ошибки приводят в основном ошибки, вносимые курсовой системой (КС) подвижного носителя.

Статистическая обработка позволяет уменьшить флуктуационные ошибки. При этом систематическая погрешность КС после статистической обработки полностью повторяется в виде неконтролируемого смещения сглаженной оценки пеленга при его расчете по курсовому углу.

Неконтролируемая величина смещения может быть соизмеримой с флуктуационными ошибками измерения пеленгов целей или даже превышать их. Поэтому систематическая ошибка пеленгования оказывает наибольшее влияние на точность определения дальности. Исключение ее из измеренного пеленга позволило бы уменьшить ошибку определения дальности угломерным методом почти в 2 раза.

Отсчет направлений на подвижных носителях выполняется с помощью гирокомпасов. Теоретически ось гирокомпаса должна показывать направление истинного меридиана, практически каждый гирокомпас имеет свою поправку, являющуюся медленно меняющейся величиной, на которую накладываются случайные флуктуации.

Поправка гирокомпаса непостоянна и зависит от режима его работы. Изменения скорости и курса надводного корабля (НК), географической широты вызывают изменение поправки гирокомпаса. Поправка гирокомпаса меняется после каждой остановки прибора. Эти причины не позволяют предварительно определить и исключить из показаний гирокомпаса его поправку. Поправка гирокомпаса обуславливает смещение компасного направления относительно истинного направления. Величина поправки может достигать значений 1...2°.

В стационарных условиях работы (при постоянных скорости и курсе НК) медленно меняющуюся погрешность гирокомпаса, как показано в [2], приближенно можно считать нормальной случайным процессом с нормированной корреляционной функцией, для аппроксимации которой используется экспоненциально-косинусная зависимость вида  $r(t) = e^{-\alpha_r |t|} \cos \beta_r t$ , где  $\alpha_r^{-1}$  – время корреляции погрешности;  $\beta_r$  – параметр, характеризующий среднюю частоту колебаний погрешности гирокомпаса. Параметры  $\alpha_r$ ,  $\beta_r$  имеют следующие значения:  $\alpha_r = 0,75 \text{ ч}^{-1}$ ;  $\beta_r = 5,3 \text{ ч}^{-1}$ .

## ОЦЕНКА СИСТЕМАТИЧЕСКИХ ПОГРЕШНОСТЕЙ КУРСОВЫХ СИСТЕМ ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ НАДВОДНЫХ КОРАБЛЕЙ ТАКТИЧЕСКОЙ ГРУППЫ

*Г.А. Коржавин, д-р техн. наук, проф., ген. директор,*

*Ю.Ф. Подолёкин, д-р техн. наук, проф., заслуженный деятель науки РФ, первый зам. ген. директора,*

*О.Г. Мальцев, д-р техн. наук, начальник НИЛ, АО «Концерн «Граит-Электрон», контакт. тел. (812) 271 4585, 271 6774*

Вычислим для приведенных данных интервал корреляции  $\tau_{\text{кор.}} = \int_0^{\infty} |r(t)| dt$  медленно меняющейся погрешности гирокомпаса и сопоставим его со временем решения триангуляционной задачи пассивными РЛС двух НК: НК1 и НК2, выполняющего функции взаимодействующего корабля. Возьмем в качестве верхнего предела интегрирования второй нуль функции  $r(t)$ , тогда получим слегка заниженное значение интервала корреляции:

$$\tau_{\text{кор.}} \cong \int_0^{\frac{3\pi}{2\beta_r}} |e^{-\alpha_r t} \cos \beta_r t| dt = \frac{1}{\alpha_r^2 + \beta_r^2} \left( \alpha_r + 2\beta_r e^{\frac{\alpha_r \pi}{2\beta_r}} + \beta_r e^{\frac{3\alpha_r \pi}{2\beta_r}} \right). \quad (1)$$

При  $\alpha_r = 0,75 \text{ ч}^{-1}$  и  $\beta_r = 5,3 \text{ ч}^{-1}$  имеем  $\tau_{\text{кор.}} \cong 25$  мин. Это означает, что, если по тактическим соображениям время решения триангуляционной задачи ограничено, например, 5...10 мин, то в течение такого интервала времени величина поправки гирокомпаса может рассматриваться как систематическая, которая приводит к такому же характеру ошибки измерения пеленга на излучающую цель.

Суммарная среднеквадратическая ошибка (СКО) измерения пеленга из-за наличия систематической погрешности КС увеличивается:  $\sigma_{\Sigma n} = \sqrt{\sigma_n^2 + v_n^2}$ , где  $\sigma_n^2$  и  $v_n^2$  – дисперсия и квадрат смещения пеленга соответственно. Это, в свою очередь, вызывает возрастание ошибки местоопределения излучающей цели:  $\sigma_r = \sqrt{\sigma_d^2 + (0,0175 \sigma_{\Sigma n} D_{ц})^2}$ , где  $D_{ц}$  и  $\sigma_d^2$  – соответственно дальность цели и дисперсия оценки дальности. Так, например, при  $D_{ц} = 100 \text{ км}$ ,  $\sigma_n = 0,5^\circ$ ,  $\sigma_d = 2,5 \text{ км}$  смещение пеленга  $v_n = 2^\circ$  увеличивает ошибку местоопределения излучающей цели в 1,98 раза.

Целью настоящей статьи является разработка алгоритмов оценивания систематической погрешности КС и исследования их работоспособности аналитически (путем расчета ковариационных оценок точности) и по результатам статистического моделирования на ПЭВМ. Поставленная задача решается применительно к двум кораблям тактической группы: НК1 (на котором будет решаться триангуляционная задача – определение дальности до излучающей цели) и НК2 (который является для НК1 взаимодействующим кораблем – ВЗК).

**Определение систематической погрешности КС при статистически независимых замерах углов координатной привязки взаимодействующего корабля.** Обмен информацией между НК в тактической группе и их взаимная ориентация обеспечиваются системой взаимного обмена информацией и ориентирования (ВЗОИ-ВЗОР).

При совместном решении практических задач НК тактической группы регулярно выполняется координатная привязка НК, т. е. определяются их относительные координаты – величина базы и углы взаимной координатной привязки, которые изменяются радиолокационным способом (пеленгационным каналом системы ВЗОИ-ВЗОР) путем их взаимного пеленгования.

Очевидно, что в измерениях углов координатной привязки и в измерениях пеленгов на излучающую цель присутствует одна и

та же систематическая погрешность КС. Поэтому для ее компенсации в измерениях пеленгов на излучающую цель необходимо:

- оценить систематическую погрешность КС, используя информацию об угловом положении ВЗК относительно НК1 (пеленги с НК1 на ВЗК);
- ввести эту оценку в сглаженные замеры пеленгов на излучающую цель с обратным знаком.

Набор статистики для получения оценки систематической погрешности КС и получение серии замеров пеленгов на излучающую цель для их сглаживания должны выполняться одновременно.

Известно, что исключение систематических ошибок (или уменьшение их влияния) основано на комплексном измерении какого-либо параметра измерителями, работающими на различных физических принципах. В рассматриваемом случае это означает, что кроме измерения угла координатной привязки ВЗК радиолокационным способом необходимо выполнить дополнительные измерения.

В качестве дополнительного измерения будем использовать угловое положение ВЗК относительно НК1, рассчитанное решением обратной геодезической задачи (ОГЗ).

Географические координаты  $\varphi_{\text{НК1}}, \lambda_{\text{НК1}}$  НК1 и  $\varphi_{\text{ВЗК}}, \lambda_{\text{ВЗК}}$  ВЗК принимаются известными точно за счет их коррекции методами спутниковой навигации [3]. Поэтому и угол  $\gamma_{\text{огз}}$  координатной привязки ВЗК также будет определен точно решением обратной ОГЗ согласно выражению (справедливому для дальностей между взаимодействующими кораблями, при которых работают каналы системы ВЗОИ-ВЗОР, т. е. для дальностей не более 100 км):

$$\gamma_{\text{огз}} = \arctg \frac{(\lambda_{\text{ВЗК}} - \lambda_{\text{НК1}})(1 - e^2)}{(\varphi_{\text{ВЗК}} - \varphi_{\text{НК1}})(1 - e^2 \sin^2 \varphi_{\text{НК1}})},$$

где  $e^2$  – квадрат эксцентриситета общеземного эллипсоида.

Таким образом, принимается, что углы координатной привязки ВЗК точно известны на каждый требуемый момент времени.

При решении триангуляционной задачи НК1 и ВЗК движутся равномерно и прямолинейно. Для повышения точности определения систематической погрешности КС используется многократное измерение углов координатной привязки ВЗК со статистической обработкой результатов измерений. Начиная с некоторого момента времени  $t_1$  в моменты  $t_i$  с НК1 на ВЗК проводятся замеры углов  $\gamma_i$  координатной привязки ВЗК ( $t_1$  – момент первого замера). Кроме того, в процессе наблюдения фиксируются географические координаты НК1 и ВЗК (географические координаты ВЗК посредством радиолинии связи системы ВЗОИ-ВЗОР передаются на НК1), которые используются для вычисления углов  $\gamma_{\text{огз}}$  в указанные выше моменты времени.

Предположим, что в результате проведения сеанса измерений получен массив  $n$  независимых равноотстоящих измерений углов  $\gamma_i, i = 1, 2, \dots, n$ , координатной привязки ВЗК. Будем считать, что измерения проводятся в равноотстоящие моменты времени с интервалом, равным периоду  $T_{\text{обз}}$  обзора антенны пеленгационного канала системы ВЗОИ-ВЗОР.

Оценивается скалярный параметр  $\delta_{\text{КС}}$  – систематическая погрешность КС. Соотношение между измеряемыми значениями углов  $\gamma_i$  координатной привязки ВЗК и оцениваемым параметром  $\delta_{\text{КС}}$  запишется в виде

$$\gamma_i = \gamma_{\text{огз}} + \delta_{\text{КС}} + \Delta\gamma_i, \quad (2)$$

где  $\gamma_{\text{огз}}$  – угол координатной привязки ВЗК, вычисленный в момент времени  $t_i$  решением ОГЗ;  $\Delta\gamma_i$  – погрешность  $i$ -го измерения.

Дальнейшую обработку имеющейся статистики будем осуществлять при условии (которое было обосновано выше), что величины  $\gamma_{\text{огз}}$  рассчитаны точно. Таким образом, разность  $\gamma_i - \gamma_{\text{огз}} = \delta_{\text{КС}} + \Delta\gamma_i$  определяет систематическую погрешность КС с точностью до случайных ошибок  $\Delta\gamma_i$  измерения углов координатной привязки ВЗК, или иначе – комплексирование системы ВЗОИ-ВЗОР (пеленгационный канал которой измеряет углы  $\gamma_i$ ) и навигационной системы (по информации которой решением ОГЗ вычисляются углы  $\gamma_{\text{огз}}$ ) дает возмож-

ность наблюдения систематической погрешности  $\delta_{\text{КС}}$  КС на фоне случайных ошибок  $\Delta\gamma_i$  измерения.

Результаты измерений углов  $\gamma_i$  в дискретные моменты времени  $t_1, t_2, \dots, t_n$  линейно связаны с оцениваемым параметром  $\delta_{\text{КС}}$  уравнением (2). В матричных обозначениях связь между измеряемыми величинами и оцениваемым параметром записывается в виде (индекс  $n$  указывает число измерений)  $\Gamma_n = A_n \delta_{\text{КС}} + \Delta\Gamma_n$ , где  $\Gamma_n$  –  $n$ -мерный вектор дискретных измерений;  $\delta_{\text{КС}}$  – оцениваемый параметр;  $A_n$  – матрица дифференциальных операторов размером  $n \times 1$ ;  $\Delta\Gamma_n$  –  $n$ -мерный вектор дискретных погрешностей измерений.

Матричные обозначения  $A_n$  и  $\Gamma_n$  имеют вид

$$A_n = \parallel 1, 1, \dots, 1 \parallel^T; \quad (3)$$

$$\Gamma_n = \parallel \gamma_1 - \gamma_{\text{огз1}}, \gamma_2 - \gamma_{\text{огз2}}, \dots, \gamma_n - \gamma_{\text{огзн}} \parallel^T, \quad (4)$$

где индекс «Т» – знак транспонирования.

Задача фильтрации случайного (неизвестного) параметра ставится следующим образом. Пусть наблюдается последовательность  $\{\gamma_i\}_n = \{\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n\}$  измеренных значений углов координатной привязки ВЗК (значений пеленгов с НК1 на ВЗК), которая статистически связана с систематической погрешностью  $\delta_{\text{КС}}$  КС в соответствии с уравнением (2). Будем полагать, что погрешности  $\Delta\gamma_i$  подчиняются многомерному нормальному закону с нулевыми математическими ожиданиями  $M\{\Delta\gamma_i\} = 0, i = 1, 2, \dots, n$ , и корреляционной матрицей  $R_n = \{R_{ij}\}, i, j = 1, 2, \dots, n$ , где  $R_{ij} = M\{\Delta\gamma_i \times \Delta\gamma_j\}$  – корреляционный момент  $i$ -го и  $j$ -го измерений;  $M\{\cdot\}$  – математическое ожидание. Требуется найти оценку  $\hat{\delta}_{\text{КС}}$ .

В соответствии с разработанными в математической статистике методами постановки статистических экспериментов возможны следующие подходы к вычислению оценки неизвестного параметра: групповой, основанный на обработке измерительной информации по схеме полной выборки, и рекуррентный, состоящий в последовательном уточнении апостериорной плотности вероятности после каждого нового измерения. Для решения поставленной задачи воспользуемся групповым подходом.

Условная плотность вероятности погрешности единичного измерения

$$p(\gamma_i | \delta_{\text{КС}}) = \frac{1}{\sigma_{\gamma_i} \sqrt{2\pi}} \exp \left[ -\frac{(\gamma_i - \gamma_{\text{огзи}} - \delta_{\text{КС}})^2}{2\sigma_{\gamma_i}^2} \right],$$

где  $\sigma_{\gamma_i}^2$  – дисперсия погрешности единичного измерения.

Совокупность погрешностей измерений  $\Delta\gamma_1, \Delta\gamma_2, \dots, \Delta\gamma_n$  в общем случае представляет собой  $n$ -мерную систему коррелированных нормально распределенных случайных величин и характеризуется  $(n \times n)$ -мерной корреляционной матрицей  $R_n$ . Условная плотность вероятности  $n$ -мерной выборки  $\{\gamma_i\}_n$  коррелированных нормально распределенных случайных величин

$$p(\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n | \delta_{\text{КС}}) = \frac{1}{\sqrt{(2\pi)^n |R_n|}} \exp \left[ -\frac{1}{2} (\Delta\Gamma_n^T R_n^{-1} \Delta\Gamma_n) \right],$$

где  $\Delta\Gamma_n = \parallel \Delta\gamma_1, \Delta\gamma_2, \dots, \Delta\gamma_n \parallel^T$ ;  $\Delta\gamma_i = \gamma_i - \gamma_{\text{огзи}} - \delta_{\text{КС}}$ ;  $R_n^{-1}$  – обратная корреляционная матрица погрешностей измерений;  $|R_n|$  – определитель корреляционной матрицы.

Обработка имеющихся результатов измерений  $\{\gamma_i\}_n$  в зависимости от степени полноты априорных статистических данных осуществляется на базе традиционных методов наименьших квадратов, максимума правдоподобия, максимума апостериорной плотности вероятности.

При отсутствии априорных данных о значении оцениваемого параметра  $\delta_{\text{КС}}$  общий метод получения наилучшей оценки состоит в формировании функции правдоподобия  $L(\delta_{\text{КС}})$  и нахождении значения параметра  $\delta_{\text{КС}}$ , которое максимизирует эту функцию.

Функция правдоподобия для оцениваемого параметра  $\delta_{\text{КС}}$  по результатам последовательности измерений  $\{\gamma_i\}_n$  аналогична условной плотности вероятности  $n$ -мерной выборки коррелированных нормально распределенных случайных величин и в матричных обозначениях имеет вид

$$L(\delta_{\text{КС}}) = c \cdot \exp \left[ -\frac{1}{2} (\Delta\Gamma_n^T R_n^{-1} \Delta\Gamma_n) \right],$$



где  $c$  – нормирующий множитель.

В дальнейшем удобнее перейти к натуральному логарифму функции правдоподобия

$$\ln L(\delta_{\text{кк}}) = \ln c - \frac{1}{2} \Delta \Gamma_n^T R_n^{-1} \Delta \Gamma_n. \quad (5)$$

Теперь в соответствии с методом максимума правдоподобия оценка  $\hat{\delta}_{\text{кк}}$  выбирается так, чтобы максимизировать функцию  $\ln L(\delta_{\text{кк}})$ , т. е. для нахождения оценки неизвестного параметра  $\hat{\delta}_{\text{кк}}$  необходимо продифференцировать выражение (5) по этому параметру в каждой точке измерения и приравнять нулю при  $\delta_{\text{кк}} = \hat{\delta}_{\text{кк}}$ . В результате получаем уравнение правдоподобия  $A_n^T R_n^{-1} \|\gamma_i - \gamma_{\text{орз}i} - \hat{\delta}_{\text{кк}}\| = 0$ , где  $A_n = \|\|1, 1, \dots, 1\|\|$  – матрица дифференциальных операторов размером  $n \times 1$ .

Окончательное решение уравнения правдоподобия для общего случая коррелированных погрешностей измерений имеет вид  $\hat{\delta}_{\text{кк}} = B_n^{-1} A_n^T R_n^{-1} \Gamma_n$ ,  $B_n^{-1} = (A_n^T R_n^{-1} A_n)^{-1}$ , где  $\Gamma_n$  –  $n$ -мерный вектор дискретных измерений.

Если погрешности измерений не коррелированы, то корреляционная матрица  $R_n$  погрешностей измерений будет диагональной (все элементы такой матрицы, кроме диагональных элементов, равны нулю). Поэтому обратная корреляционная матрица этих погрешностей может быть представлена в виде  $R_n^{-1} = \|\|w_i \delta_{ij}\|\|$ , где  $w_i = 1/\sigma_{\gamma_i}^2$ ;  $\delta_{ij}$  – символ Кронекера ( $\delta_{ij} = 1$  при  $i = j$  и  $\delta_{ij} = 0$  при  $i \neq j$ ), и тогда

$$R_n^{-1} \Gamma_n = \begin{bmatrix} w_1(\gamma_1 - \gamma_{\text{орз}1}) \\ w_2(\gamma_2 - \gamma_{\text{орз}2}) \\ \dots \\ w_n(\gamma_n - \gamma_{\text{орз}n}) \end{bmatrix}; \quad R_n^{-1} A_n = \begin{bmatrix} w_1 \\ \dots \\ w_n \end{bmatrix},$$

где  $w_i = 1/\sigma_{\gamma_i}^2$  – «вес»  $i$ -го измерения.

В этом случае решение уравнения правдоподобия совпадает с оценкой, получаемой по методу взвешенных наименьших квадратов.

Окончательно для оценки  $\hat{\delta}_{\text{кк}}$  и ее дисперсии  $\sigma_{\hat{\delta}_{\text{кк}}}^2$  имеем

$$\hat{\delta}_{\text{кк}} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n w_i} \sum_{i=1}^n w_i (\gamma_i - \gamma_{\text{орз}i}); \quad \sigma_{\hat{\delta}_{\text{кк}}}^2 = B_n^{-1} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n w_i}.$$

Допустим теперь, что на ограниченном интервале наблюдения измеренные значения углов координатной привязки ВЗК можно считать равнооточными ( $w_1 = w_2 = \dots = w_n = w$ ).

В этом случае  $w = 1/\sigma_{\gamma}^2$ ,  $R_n = \sigma_{\gamma}^2 \cdot I_n$ , где  $I_n$  – единичная матрица размером  $n \times n$ , и выражения для определения искомого параметра имеют вид

$$\hat{\delta}_{\text{кк}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\gamma_i - \gamma_{\text{орз}i}); \quad \sigma_{\hat{\delta}_{\text{кк}}}^2 = \frac{1}{n} \sigma_{\gamma}^2,$$

где  $n$  – число измерений.

Полученная оценка  $\hat{\delta}_{\text{кк}}$  совпадает с оценкой метода наименьших квадратов – МНК-оценкой и в рассматриваемой задаче совпадает с простейшей оценкой – средним арифметическим.

В следующем разделе конкретизируем разработанные алгоритмы для случая коррелированных ошибок измерения углов координатной привязки ВЗК.

**Определение систематической погрешности КС при статистически зависимых замерах углов координатной привязки взаимодействующего корабля.** В рассматриваемом случае совокупность погрешностей измерений представляем собой  $n$ -мерную систему коррелированных случайных величин, распределенных по нормальному закону с параметрами  $(0, \sigma_{\gamma})$ , и характеризуется  $(n \times n)$ -мерной симметрической корреляционной матрицей  $R_n$ . Распространенным в технике является [4] экспоненциальный закон зависимости корреляционной связи ошибок измерений от интервала  $\tau$  времени между измерениями:  $r(\tau) = e^{-\alpha|\tau|}$ .

Обозначим коэффициент корреляционной связи ошибок смежных измерений  $\rho = \exp\{-\alpha\}$ , тогда элемент корреляционной матрицы  $R_{kl}$ , стоящий на пересечении  $k$ -й строки и  $l$ -го столбца, будет равен  $R_{kl} = \sigma_{\gamma}^2 \rho^{|l-k|}$  и

$$R_n = \sigma_{\gamma}^2 \cdot \begin{bmatrix} 1 & \rho & \rho^2 & \dots & \rho^{n-1} \\ \rho & 1 & \rho & \dots & \rho^{n-2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \rho^{n-1} & \rho^{n-2} & \rho^{n-3} & \dots & 1 \end{bmatrix}, \quad (6)$$

где  $\sigma_{\gamma}^2$  – дисперсия погрешности единичного измерения угла координатной привязки ВЗК.

При учете имеющейся корреляции между измерениями применение критерия максимального правдоподобия к данной задаче приводит к следующей системе уравнений:  $(A_n^T R_n^{-1} A_n) \hat{\delta}_{\text{кк}} = A_n^T R_n^{-1} \Gamma_n$ . Откуда получаем следующее выражение для оптимальной оценки  $\hat{\delta}_{\text{кк}}$  систематической погрешности КС:

$$\hat{\delta}_{\text{кк}} = (A_n^T R_n^{-1} A_n)^{-1} A_n^T R_n^{-1} \Gamma_n,$$

где  $A_n$  и  $\Gamma_n$  – определены выражениями (3) и (4).

Дисперсия этой оценки  $\sigma_{\hat{\delta}_{\text{кк}}}^2 = (A_n^T R_n^{-1} A_n)^{-1}$ .

В [5] было показано, что матрица, обратная для матрицы (6), является якобиевой (тредиагональной):

$$R_n^{-1} = \frac{1}{\sigma_{\gamma}^2 (1-\rho^2)} \cdot \begin{bmatrix} 1 & -\rho & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\rho & 1+\rho^2 & -\rho & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & -\rho & 1+\rho^2 & -\rho \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & -\rho & 1 \end{bmatrix}.$$

Тогда, очевидно,

$$A_n^T R_n^{-1} = \sigma_{\gamma}^{-2} (1-\rho^2)^{-1} \cdot \|\|(1-\rho), (1-\rho)^2, \dots, (1-\rho)^2, (1-\rho)\|\|.$$

Далее имеем

$$A_n^T R_n^{-1} A_n = \sigma_{\gamma}^{-2} (1-\rho^2)^{-1} \cdot [(1-\rho) + (n-2)(1-\rho)^2 + (1-\rho)] = \sigma_{\gamma}^{-2} (1+\rho)^{-1} \cdot [n - (n-2)\rho];$$

$$A_n^T R_n^{-1} \Gamma_n = \sigma_{\gamma}^{-2} (1+\rho)^{-1} \left[ (\gamma_1 - \gamma_{\text{орз}1}) + (\gamma_n - \gamma_{\text{орз}n}) + (1-\rho) \sum_{i=2}^{n-1} (\gamma_i - \gamma_{\text{орз}i}) \right].$$

Окончательно получим

$$\hat{\delta}_{\text{кк}} = \frac{1}{n - (n-2)\rho} \cdot \left[ (\gamma_1 - \gamma_{\text{орз}1}) + (\gamma_n - \gamma_{\text{орз}n}) + (1-\rho) \sum_{i=2}^{n-1} (\gamma_i - \gamma_{\text{орз}i}) \right];$$

$$\sigma_{\hat{\delta}_{\text{кк}}} = \sqrt{\frac{1+\rho}{n - (n-2)\rho}} \cdot \sigma_{\gamma}. \quad (7)$$

Таким образом, при вычислении оценки  $\hat{\delta}_{\text{кк}}$  «веса» первого и последнего ( $n$ -го) измерений –  $\eta_1 = \eta_n = [n - (n-2)\rho]^{-1}$ , а «веса» со второго по  $(n-1)$ -е измерение –  $\eta_2 = \eta_3 = \dots = \eta_{n-1} = (1-\rho) \cdot [n - (n-2)\rho]^{-1}$ . Причем для весовых коэффициентов справедливо  $\sum_{i=1}^n \eta_i = 1$ .

В частном случае независимых измерений ( $\rho = 0$ ) имеем результат предыдущего раздела:  $\hat{\delta}_{\text{кк}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\gamma_i - \gamma_{\text{орз}i})$ ;  $\sigma_{\hat{\delta}_{\text{кк}}}^2 = \frac{1}{n} \sigma_{\gamma}^2$ .

С использованием выражения (7) исследуем зависимость дисперсии оценки  $\hat{\delta}_{\text{кк}}$  от числа измерений  $n$  и значения коэффициента корреляции  $\rho$ . При  $\rho < 1$  минимальное значение дисперсии оценки  $\hat{\delta}_{\text{кк}}$  асимптотически (при  $n \rightarrow \infty$ ) приближается к нулю, причем с уменьшением значения  $\rho$  скорость приближения дисперсии к нулю возрастает. При  $\rho = 1$  дисперсия оценки  $\hat{\delta}_{\text{кк}}$  равна дисперсии  $\sigma_{\gamma}^2$  ошибки единичного измерения угла координатной привязки ВЗК.

**Результаты статистического моделирования на ПЭВМ.**

При моделировании принималось, что замеры углов координатной привязки ВЗК являются выборкой из гауссовского марковского процесса с дискретным временем, т. е. процесса с экспоненциальной корреляционной функцией. Такой процесс определяется соотношением  $\gamma_i = \rho \cdot \gamma_{i-1} + c_i$ ,  $i = 1, 2, \dots$ , и имеет моменты распределения: математическое ожидание  $M\{\gamma_i\} = 0$ , дисперсию  $D\{\gamma_i\} = \sigma_{\gamma}^2$  и корреляционную функцию  $R(i-j) = \sigma_{\gamma}^2 \rho^{|i-j|}$ . Здесь  $\rho$  – коэффициент корреляции между смежными членами рассматриваемой последовательности;  $c_i = N(0, \sigma_{\gamma} \sqrt{1-\rho^2})$  – случайная величина, распределенная по нормальному закону с математическим ожиданием  $M\{c_i\} = 0$  и дисперсией  $D\{c_i\} = \sigma_{\gamma}^2 (1-\rho^2)$ . Выборку из процесса с такими характеристиками можно сформировать по правилу

$$\gamma_i = \begin{cases} N(0, \sigma_\gamma) & \text{при } i = i_0; \\ \rho^{i-j} \cdot \gamma_j + \tilde{c}_i & \text{при } i > j \geq i_0, \end{cases}$$

где  $i_0$  – номер первого элемента выборки;  $\tilde{c}_i = N(0, \sigma_\gamma \sqrt{1 - \rho^{2(i-j)}})$ .

Основные исходные данные при моделировании: скорость НК1 – 10 м/с; скорость ВЗК – 20 м/с; СКО пеленгования ВЗК  $\sigma_\gamma = 0,5^\circ$ ; начальная база (начальная дистанция между кораблями) – 30 км; угол координатной привязки ВЗК в начальный момент времени –  $80^\circ$ ; курс НК1 –  $50^\circ$ ; курс ВЗК –  $70^\circ$ ; период обзора (дискретность замеров углов координатной привязки ВЗК) – 60 с. Варьируемыми параметрами являлись длительность интервала  $T_{\text{изм.}}$  времени измерений (в диапазоне от 5 до 10 мин) и величина коэффициента  $\rho$  корреляции ошибок смежных замеров углов координатной привязки ВЗК (в диапазоне от 0 до 0,8). В каждой расчетной точке было выполнено по 100 статистических испытаний.

При моделировании исследовался вопрос влияния на точность оценок систематической погрешности КС степени корреляции между ошибками измерений углов координатной привязки ВЗК.

Результаты расчетов средних квадратических отклонений оценок систематической погрешности КС от их истинных значений и расчетные значения СКО, являющиеся ковариационными оценками точности, сведены в табл. 1. Значения  $\sigma_{\delta_{\text{КС}}}$ , записанные над и под чертой «/», являются соответственно результатами статистического моделирования и ковариационными оценками точности, рассчитанными по формуле (7).

Из табл. 1 следует, что с увеличением корреляции между смежными замерами углов координатной привязки ВЗК точность оценивания систематической погрешности КС уменьшается.

Отметим также, что во всех случаях наблюдается достаточно высокая степень соответствия результатов статистического моделирования ковариационным оценкам точности.

На статистической модели также был исследован характер изменения СКО оценки систематической погрешности КС с увеличением числа измерений углов координатной привязки ВЗК на фиксированном ограниченном интервале времени наблюдения. Необходимость данного исследования обусловлена тем, что одним из путей повышения точности оценок, получаемых на основе радиолокационных измерений, является увеличение темпа локации. При фиксированном ограниченном интервале времени увеличение числа измерений вызывает появление корреляционной связи их погрешностей. Однако увеличение темпа локации становится целесообразным, если это, несмотря на сопутствующий быстрый рост коэффициента корреляции, приводит к существенному повышению точности оценки систематической погрешности КС.

Основные исходные данные при этом исследовании те же, что и при анализе разработанных алгоритмов.

За единицу времени был принят интервал между двумя последовательными независимыми измерениями (принималось, что он равен периоду обзора  $T_{\text{обз.}} = 60$  с). Независимыми, согласно [4], считаются измерения, для которых коэффициент корреляционной связи ошибок не превосходит  $e^{-5} = 0,0067$ .

Рассматривались замкнутые интервалы времени наблюдения, допускающие  $n_1$  равнодискретных независимых наблюдений. Число измерений на этих интервалах увеличивалось по закону  $n = (n_1 - 1) \cdot 2^{i-1} + 1$ ,  $i = 1, 2, \dots, m$ , путем уменьшения промежутка времени между смежными измерениями:  $\tau = 1/2^{i-1}$ . При  $i = 1$  ( $T_{\text{обз.}} = 60$  с) совокупность измерений независима. Интервалы времени измерений задавались равными  $T_{\text{изм.}} = 5$  и 10 мин и для них принималось соответственно  $m = 5$  и 4. Результаты моделирования данного исследования приведены в табл. 2.

Анализ результатов табл. 2 показывает, что точность оценивания систематической погрешности КС в условиях, когда время решения триангуляционной задачи ограничено, может быть повышена за счет использования коррелированных замеров углов координатной привязки ВЗК вместо некоррели-

Таблица 1  
Результаты моделирования и ковариационные оценки точности

| Значения $\sigma_{\delta_{\text{КС}}}$ при $T_{\text{изм.}}$ , мин |           |           |           |           |           |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 5  | 6         | 7         | 8         | 9         | 10        |
| $\rho = 0$   |           |           |           |           |           |
| 0,21/0,20  | 0,19/0,19 | 0,18/0,18 | 0,16/0,17 | 0,15/0,16 | 0,14/0,15 |
| $\rho = 0,2$   |           |           |           |           |           |
| 0,25/0,24  | 0,21/0,22 | 0,20/0,21 | 0,19/0,20 | 0,18/0,19 | 0,18/0,18 |
| $\rho = 0,4$   |           |           |           |           |           |
| 0,29/0,28  | 0,25/0,26 | 0,24/0,25 | 0,23/0,24 | 0,21/0,23 | 0,21/0,22 |
| $\rho = 0,6$   |           |           |           |           |           |
| 0,34/0,33  | 0,30/0,32 | 0,28/0,30 | 0,28/0,29 | 0,26/0,28 | 0,26/0,27 |
| $\rho = 0,8$   |           |           |           |           |           |
| 0,40/0,40  | 0,37/0,39 | 0,35/0,38 | 0,34/0,36 | 0,33/0,35 | 0,33/0,34 |

Таблица 2  
Результаты моделирования зависимости  $\sigma_{\delta_{\text{КС}}}$  от темпа локации ВЗК

| Значения $\sigma_{\delta_{\text{КС}}}$ |      |      |      |      |                             |      |      |      |
|--|------|------|------|------|-----------------------------|------|------|------|
| $T_{\text{изм.}} = 5$ мин              |      |      |      |      | $T_{\text{изм.}} = 10$ мин  |      |      |      |
| $T_{\text{обз.}}, \text{с}$            |      |      |      |      | $T_{\text{обз.}}, \text{с}$ |      |      |      |
| 60                                     | 30   | 15   | 7,5  | 3,75 | 60                          | 30   | 15   | 7,5  |
| 0,21                                   | 0,16 | 0,13 | 0,14 | 0,14 | 0,15                        | 0,11 | 0,10 | 0,10 |

рованных. При этом наиболее существенное повышение точности оценки систематической погрешности КС (около 35%) наблюдается при увеличении темпа локации ВЗК в 4 раза (при уменьшении периода обзора с 60 до 15 с).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основе метода максимума правдоподобия с обработкой измерительной информации по схеме полной выборки разработаны алгоритмы, обеспечивающие компенсацию доминирующей систематической (обусловленной медленно меняющейся погрешностью курсовой системы НК) составляющей ошибки пеленгования излучающей цели.

2. Алгоритмы применимы при решении триангуляционной задачи пассивными РЛС НК тактической группы и основаны на совместной обработке углов координатной привязки ВЗК, одновременно измеренных пеленгационным каналом системы ВЗОИ-ВЗОР и рассчитанных решением ОГЗ. При этом рассчитанные углы координатной привязки ВЗК принимаются известными точно за счет коррекции географических координат НК методами спутниковой навигации.

3. Результаты статистического моделирования на ПЭВМ с достаточной точностью согласуются с ковариационными оценками точности, полученными расчетным путем.

4. В рассмотренных условиях оказалось целесообразным (для повышения точности оценивания систематической погрешности курсовой системы) увеличение (при отсутствии организационных, тактических, технических и иных ограничений) темпа локации ВЗК при измерении углов его координатной привязки, несмотря на сопутствующий быстрый рост корреляционной связи ошибок измерений.

## ЛИТЕРАТУРА

- Ширман Я.Д., Голиков В.И. Основы теории обнаружения радиолокационных сигналов и измерения их параметров. – М.: Сов. радио, 1968.
- Иенатов А.А., Тюменева Г.В., Якушенков А.А. Оптимальная обработка с помощью фильтров Калмана показаний гирокомпы и магнитного компаса // Тр. ЦНИИ МФ; сер. Судовождение и связь, 1973, вып. 173.
- Соловьев Ю.А. Спутниковая навигация и ее приложения. – М.: Эко-Трендз, 2000.
- Сейдж Э., Мелс Дж. Теория оценивания и ее применение в связи и управлении. – М.: Связь, 1976.
- Гурин Л.С. О состоятельности оценок метода наименьших квадратов. – Сб. «Математическое обеспечение космических экспериментов». – М.: Наука, 1978, с. 69 – 81. ■



Создание, модернизация и управление комплексной системой информационной безопасности промышленных предприятий, с помощью которой необходимо обеспечивать конфиденциальность, целостность, доступность информации, имеют свои особенности и специфику, которые должны быть учтены еще на этапе разработки концепции комплексной защиты информации объектов этих предприятий.

В современных условиях активного развития высокотехнологичных, наукоемких отраслей промышленности, информационных технологий на территории РФ за деятельностью как государственных, так и частных предприятий конкурентами систематически ведется промышленный шпионаж (разведка) методом получения несанкционированного доступа (НСД) к конфиденциальной информации с целью ее кражи, хищения и использования в своих интересах. В своей деятельности представители (агенты) промышленного шпионажа используют специальную аппаратуру и технические средства, предназначенные для негласного получения информации в непосредственной близости от защищаемых объектов промышленных предприятий либо непосредственно на них.

В этой связи для любого предприятия промышленности, а также службы и системы безопасности актуально обеспечение комплексной информационной безопасности и защиты информации от любых посягательств и воздействий на нее.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО ДОСТУПА К КОНФИДЕНЦИАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПРОМЫШЛЕННОГО СЕКТОРА

**В.Г. Ерышов**, канд. техн. наук, зам. ген. директора по режиму и безопасности,  
**Р.Д. Куликов**, аналитик информационной безопасности,  
**Д.А. Богданов**, администратор информационной безопасности,  
 АО «Армалит»,  
 контакт. тел. (812) 603 4077 доб. 100

Для обеспечения требуемого уровня конфиденциальности, целостности, доступности информации, а также для построения адекватной существующим угрозам комплексной системы информационной безопасности одной из важнейших задач является исследование процесса несанкционированного доступа нарушителя информационной безопасности к конфиденциальной информации, обрабатываемой на защищаемом объекте путем моделирования его действий, определения возможных сценариев по негласному получению защищаемой информации.

### ОПИСАТЕЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО ДОСТУПА К КОНФИДЕНЦИАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПРОМЫШЛЕННОГО СЕКТОРА

В рамках разработки модели НСД к конфиденциальной информации на

предприятиях промышленного сектора возникает необходимость исследования характеристик органов добывания информации, возможности потенциальных нарушителей информационной безопасности (ИБ):

- вероятностно-временные характеристики вскрытия защищаемого объекта;
- вероятностно-временные характеристики обнаружения естественных технических каналов утечки информации (ТКУИ);
- вероятностно-временные характеристики проникновения нарушителя ИБ на защищаемый объект;
- вероятностно-временные характеристики установки специальных технических средств (СТС) негласного добывания конфиденциальной информации;
- достоверность, полнота добываемой информации с помощью естественных ТКУИ и установленных СТС на

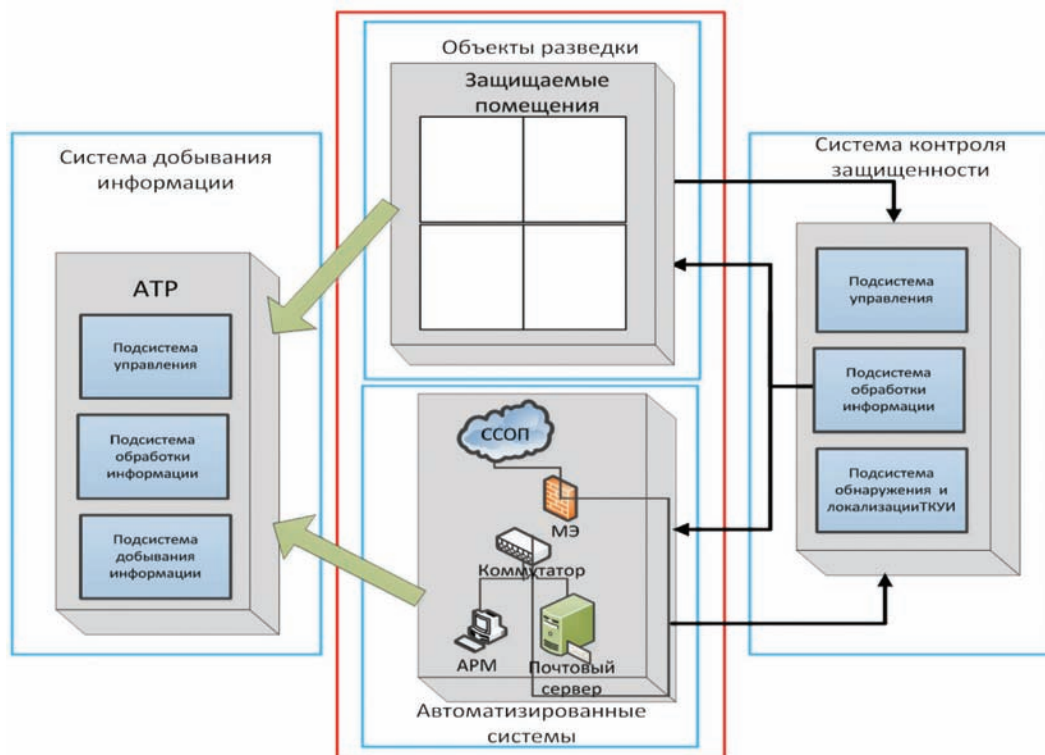


Рис. 1. Описательная модель процесса негласного добывания нарушителем безопасности конфиденциальной информации, обрабатываемой на защищаемом объекте

защищаемых объектах, а также своевременность ее добывания.

Для получения данных характеристик нарушителя ИБ могут применяться различные математические методы исследований, в том числе: аналитические, алгоритмические и имитационные. Имитационное моделирование, в отличие от аналитического и алгоритмического, позволяет наиболее полно смоделировать процессы добывания и анализа информации и, соответственно, всесторонне проанализировать возможности нарушителя. Для этого необходимо разработать имитационную модель, с помощью которой и будут получены вероятностно-временные характеристики процесса НСД и характеристики нарушителя ИБ.

Описательная модель действий нарушителя ИБ показана на рис. 1. Она включает:

- систему добывания информации, включающую в себя подсистему добывания информации, ее анализа и управления;
- защищаемые объекты – автоматизированные системы, защищаемые помещения;
- систему контроля защищенности информации от ее утечки по ТКУИ, включающую в себя подсистему обнаружения и локализации ТКУИ, анализа и управления.

Объектами негласного добывания информации могут быть защищаемые помещения: кабинеты руководителей, должностных лиц, переговорные, серверные, автоматизированные рабочие места (АРМ) сотрудников и другое оборудование, обрабатывающее защищаемую информацию.

Под защищаемыми помещениями понимаются помещения, в которых сотрудники организации обсуждают защищаемую информацию, ведут конфиденциальные переговоры. Под защищаемыми же АРМ понимаются АРМ, в которых сотрудники организации обрабатывают защищаемую информацию. Необходимо особо отметить, что данные объекты, как правило, всегда обладают естественными ТКУИ, такими, как акустический, виброакустический каналы утечки, побочные электромагнитные наводки и излучения и др.

Система добывания информации нарушителя ИБ включает в себя органы и средства добывания информации, в том числе СТС негласного добывания информации, образующие искусственные ТКУИ.

Система контроля защищенности информации (КЗИ) включает в себя органы, пункты и средства контроля защищенности информации, в том числе средства обнаружения естественных и искусственно созданных ТКУИ.

Описательная модель действий нарушителя ИБ показывает, что его главная задача – негласное добывание конфиденциальной информации, обрабатываемой в автоматизированных и информационных системах (АС, ИС) и циркулирующей в защищаемых помещениях, посредством естественных и искусственно созданных ТКУИ. Задача системы контроля защищенности – своевременное, достоверное обнаружение, локализация и устранение ТКУИ, выявленных в процессе контроля на защищаемых объектах.

### **ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО ДОСТУПА К КОНФИДЕНЦИАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПРОМЫШЛЕННОГО СЕКТОРА**

В качестве системы моделирования была выбрана система имитационного моделирования AnyLogic как один из эффективных инструментов, позволяющий детально моделировать любые процессы в различных сферах логистики, а также любые другие процессы, которые можно представить в виде последовательности операций.

С помощью AnyLogic можно моделировать реальные системы, рассматривая их как совокупность процессов (последовательностей операций, как правило, включающих очередь, задержку, и захват ресурса), агентов (операций, клиентов, продуктов) и ресурсов, необходимых для выполнения различных операций. Библиотеки данной системы позволяют легко и быстро визуализировать любой процесс и проверять результаты моделирования, используя анимацию.

Исходными данными, необходимыми для имитации действий нарушителя ИБ, являются:

- максимальное количество органов разведки (негласного добывания информации);
- максимальное количество объектов разведки (защищаемых объектов);
- возможные типы и количество СТС органов негласного добывания информации;
- возможные типы и количество естественных ТКУИ защищаемых объектов;
- требуемые вероятности и время обнаружения, наблюдения, анализа и вскрытия защищаемых объектов;
- требуемые вероятность и время существования естественных ТКУИ защищаемых объектов;
- требуемые вероятность и время проникновения нарушителя на защищаемые объекты.

В разработанной имитационной модели последовательность действий нарушителя ИБ с целью негласного получе-

ния информации моделируется четырьмя основными блоками.

Блок № 1 – имитация процесса вскрытия защищаемого объекта нарушителем ИБ, состоящего из подпроцессов обнаружения, наблюдения, анализа и принятия решения на использование естественных и искусственных каналов утечки.

Блок № 2 – имитация процесса возникновения естественных ТКУИ на защищаемом объекте и их обнаружения нарушителем.

Блок № 3 – имитация процесса внедрения на защищаемый объект СТС негласного добывания информации с проникновением и с использованием СТС, снимающих информацию извне, без проникновения на объект разведки.

Блок № 4 – имитация процесса сбора и анализа добытой информации и определение ее достоверности, полноты и своевременности.

Структурная схема имитационной модели представлена на рис. 2.

Нарушитель ИБ в разработанной имитационной модели моделируется как орган разведки, представляющий собой многоканальную систему массового обслуживания (СМО) без очередей с экспоненциальным временем обслуживания заявок. Имитируется некая организованная, достаточно подготовленная группа нарушителей ИБ, имеющая необходимые силы и средства для получения доступа к защищаемой информации. Поэтому можно полагать, что для своевременного получения полной и достоверной информации нарушитель ИБ будет действовать одновременно по всем направлениям добывания информации, используя все естественные и искусственные ТКУИ.

В разработанной имитационной модели защищаемый объект, состоящий из N защищаемых помещений и АС, представляется собой многоканальную СМО с очередями с экспоненциальным временем обслуживания заявок. Он хорошо защищен с использованием современных технических средств, способов и методов обеспечения защиты информации НСД к ней.

Система КЗИ представляет собой многоканальную СМО с очередями с экспоненциальными временами обслуживания заявок. Органы системы КЗИ с использованием современных технических средств КЗИ от ее утечки по ТКУИ своевременно обнаруживают, локализуют и устраняют обнаруженные ТКУИ.

Рассмотрим последовательность действий нарушителя ИБ по НСД к конфиденциальной информации на защищаемом объекте (рис. 3).

Блок № 1 – начало алгоритма.



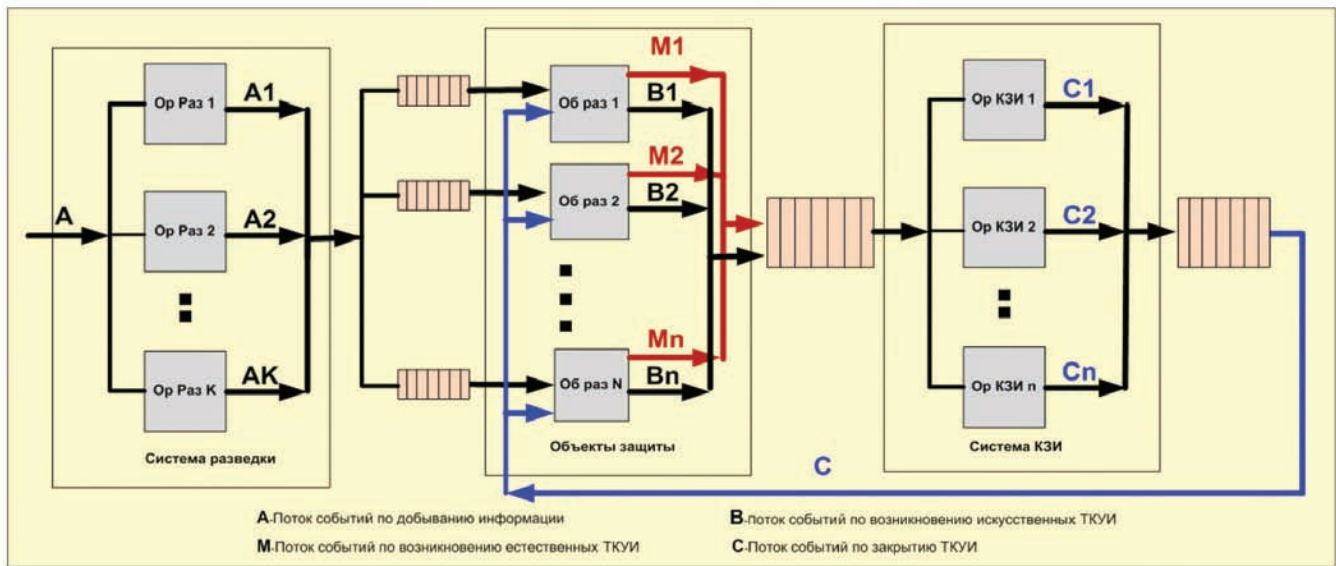


Рис. 2. Структурная схема имитационной модели

Блок № 2 – ввод исходных данных:

- максимальное количество органов негласного добывания информации;
- максимальное количество защищаемых объектов;
- возможные типы и количество СТС органов негласного добывания информации;
- возможные типы и количество естественных ТКUI защищаемых объектов;
- требуемые вероятности и времена обнаружения, наблюдения, анализа и вскрытия защищаемых объектов;
- требуемые вероятность и время существования естественных ТКUI защищаемых объектов;
- требуемые вероятность и время проникновения нарушителя ИБ на защищаемые объекты.

Блок № 3 – генерация количества органов негласного добывания информации  $K$  с помощью датчика случайных чисел. Возможны любые законы распределения случайных величин.

Блок № 4 – генерация количества защищаемых объектов  $N$  с помощью датчика случайных чисел. Возможны любые законы распределения случайных величин.

Блок № 5 – розыгрыш вероятности обнаружения органом разведки  $K$  объекта разведки  $N$ .

Блок № 6 – сравнение вероятности обнаружения органом разведки объекта разведки. Если  $P_{обн_n} > P_{обн_n_тр}$ , то переход на блок № 7, если условие не выполняется, то осуществляется переход на блок № 5.

Блок № 7 – розыгрыш вероятности наблюдения органом разведки  $K$  объекта разведки  $N$ .

Блок № 8 – сравнение вероятности наблюдения органом разведки объекта разведки  $N$ . Если  $P_{наб_n} > P_{наб_n_тр}$ , то переход на блок № 9, если условие не вы-

полняется, то осуществляется переход на блок № 7.

Блок № 9 – розыгрыш вероятности анализа органом разведки  $K$  объекта разведки  $N$ .

Блок № 10 – сравнение вероятности анализа органом разведки объекта разведки  $N$ . Если  $P_{ан_n} > P_{ан_n_тр}$ , то переход на блок № 11, если условие не выполняется, то осуществляется переход на блок № 9.

Блок № 11 – розыгрыш вероятности принятия решения органом разведки  $K$  объекта разведки  $N$ .

Блок № 12 – сравнение вероятности принятия решения органом разведки. Если  $P_{пр_n} > P_{пр_n_тр}$ , то переход на блок № 13, если условие не выполняется, то осуществляется переход на блок № 11.

Блок № 13 – определение вероятности вскрытия органом разведки  $K$  объекта разведки  $N$ :  $P_{вскр_n} = P_{обн_n} \times P_{наб_n} \times P_{ан_n} \times P_{пр_n}$ .

Блок № 14 – сравнение вероятности вскрытия органом разведки объекта. Если  $P_{вскр_n} > P_{вскр_n_тр}$ , то переход на блок № 15, если условие не выполняется, то осуществляется переход на блок № 13.

Блок № 15 – генерация возникновения естественных ТКUI  $M_n$ . Возможны любые законы распределения случайных величин.

Блок № 16 – розыгрыш допустимой вероятности существования естественных ТКUI.

Блок № 17 – сравнение допустимой вероятности существования естественных ТКUI. Если  $P_{д_сущ_Mn} > P_{д_сущ_Mn_тр}$ , то переход на блок № 18, если условие не выполняется, то осуществляется переход на блок № 16.

Блок № 18 – розыгрыш вероятности обнаружения органом разведки естественных ТКUI.

Блок № 19 – сравнение вероятности обнаружения органом разведки ТКUI.

Если  $P_{обн_Mn} > P_{обн_Mn_тр}$ , то переход на блок № 20, если условие не выполняется, то осуществляется переход на блок № 18.

Блок № 20 – определение типов СТС органом разведки для негласного съема информации по обнаруженным естественным ТКUI.

Блок № 21 – генерация возникновения искусственных ТКUI –  $B_n$ . Возможны любые законы распределения случайных величин.

Блок № 22 – определение органом разведки предельного времени функционирования СТС на объект разведки.

Блок № 23 – Розыгрыш вероятности проникновения органа разведки -  $K$  на объект разведки  $N$ .

Блок № 24 – сравнение вероятности проникновения органа разведки на объект разведки. Если  $P_{прон_n} > P_{прон_n_тр}$ , то переход на блок № 25, если условие не выполняется, то осуществляется переход на блок № 23.

Блок № 25 – определение и включение типов СТС органом разведки для негласного съема информации по искусственному ТКUI извне объекта. Далее переход на блок № 29.

Блок № 26 – определение и включение типов СТС органом разведки для негласного съема информации по искусственному ТКUI на объекте.

Блок № 27 – проникновение органа разведки  $K$  на объект разведки  $N$ .

Блок № 28 – установка и включение СТС органом разведки на объекте.

Блок № 29 – сбор органом разведки информации по ТКUI и СТС.

Блок № 30 – анализ полученной информации и принятие решение органом разведки по добытой информации по естественным и искусственным ТКUI.

Блок № 31 – определение на основе полученной информации вероятностей

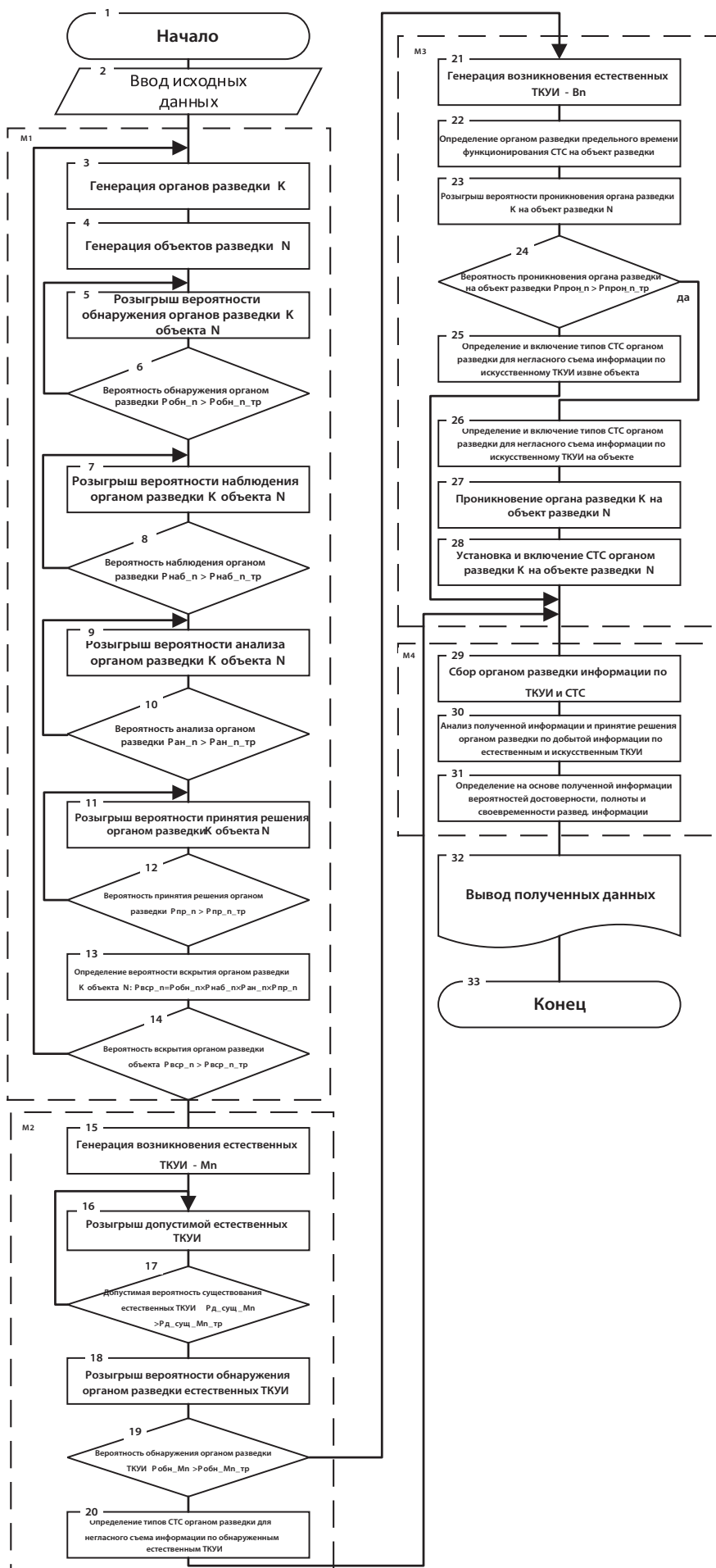


Рис. 3. Структурная схема алгоритма работы имитационной модели

достоверности, полноты и своевременности разведываемой информации.

Блок № 32 – вывод полученных данных.

Блок № 33 – конец алгоритма.

Результатом выполнения действий, указанных в блоках алгоритма разработанной модели, являются следующие выходные данные:

- сгенерированное количество органов негласного добывания информации;
- сгенерированное количество защищаемых объектов;
- сгенерированные типы и количество СТС органов негласного добывания информации;
- сгенерированные типы и количество естественных ТКUI защищаемых объектов;
- сгенерированные вероятности и времени обнаружения, наблюдения, анализа и вскрытия защищаемых объектов;
- сгенерированные вероятности и времени существования естественных ТКUI защищаемых объектов;
- сгенерированные вероятности и времени проникновения нарушителя ИБ на защищаемые объекты;
- расчетные вероятности и времени достоверности, полноты, добытой информации с помощью естественных ТКUI и установленных СТС на защищаемых объектах, а также своевременности ее добывания.

## ВЫВОДЫ

Таким образом, разработанная имитационная модель, описанная в терминах теории СМО, обладает теоретической и практической новизной и позволяет получать вероятностно-временные характеристики нарушителя ИБ по несанкционированному добыванию конфиденциальной информации о защищаемом объекте при варьируемых исходных данных входящих и выходящих потоков событий исследуемого процесса.

Полученные в модели и в результате проведенного моделирования вероятностно-временные зависимости и характеристики послужат в дальнейшем основой для создания модели угроз ИБ защищаемым объектам, а также для анализа (модернизации) существующих и синтеза новых систем комплексной защиты и контроля защищенности информации, обрабатываемой на объектах предприятиях промышленного сектора. ■



Совершенствование концептуально-го базиса нестационарной динамики (рис. 1) ведется на основе современной теории катастроф (СТК) и связано с расширением и углублением анализа и синтеза сложных структур данных при функционировании морского динамического объекта (МДО) как нелинейной нестационарной системы (NN-системы) в условиях неопределенности и неполноты исходной информации [1 – 13]. Проблема неопределенности и нестационарности в различных морских приложениях тесно взаимосвязана с реализацией сценарного подхода [5] и теории активных динамических систем (АДС) [7].

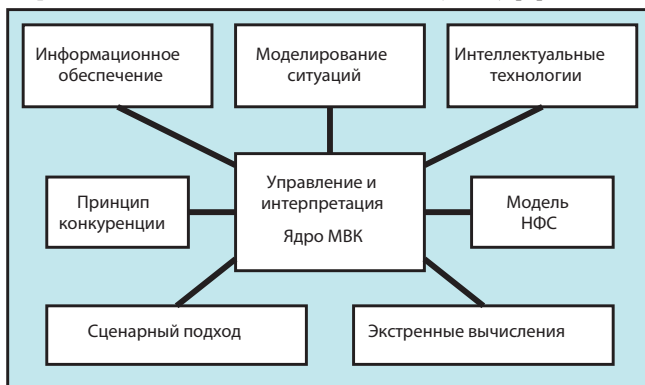


Рис. 1. Структура MBK исследования нестационарной динамики

Теоретические модели интерпретации нестационарной динамики основаны на фундаментальных принципах А.Н.Колмогорова [2], Н.Н.Моисеева [3], А.Н.Тихонова [10] и теории сложности [9]. Понятия адаптации как целенаправленного управления многофункциональным вычислительным комплексом (МВК) привело к созданию адекватных механизмов функционирования, в том числе и в нестандартных (нештатных и экстремальных) ситуациях. Реализация эффективного управления рассматривается как формирование управляющих воздействий, приводящих к изменению среды взаимодействия, в которой обеспечивается безопасное функционирование МДО.

### КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ БАЗИС НЕСТАЦИОНАРНОЙ ДИНАМИКИ

Концептуальная модель обработки информации при интерпретации функционального пространства в динамической среде СТК имеет вид [5]

$$S(U) = F(Com): T(t, \tau) \times X(KB) \times Q(V, W) \rightarrow Y(R), \quad (1)$$

где множество  $S(U)$  определяет стратегии управления;  $F(Com)$  – элементы, реализующие принцип конкуренции;  $T(t, \tau)$  – моменты времени, определяющих модель развития динамических ситуаций;  $X(KB)$  – элементы оперативной базы данных;  $Q(V, W)$  – значения вектора входных воздействий (состояние нестационарной внешней среды);  $\{t(t, \tau) \times X(KB) \times Q(V, W)\}$  – множество закономерностей в данных;  $Y(R)$  – множество правил обобщения информации;  $\tau$  – интервал реализации.

Функциональное пространство (1) определяет интеграцию знаний системы ППР и отображает эволюцию процессов взаимодействия в нестационарной динамической среде (рис. 2). Математическая теория функционального пространства определяется системой объектов и отношений в рамках онтологического базиса, а логическая структура интерпретации

## НЕСТАЦИОНАРНАЯ ДИНАМИКА ЭКСТРЕННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ В КОРАБЛЕСТРОЕНИИ И МОРСКОЙ ТЕХНИКЕ

Ю.И. Нечаев, д-р техн. наук, проф. СПбГМТУ, контакт. тел. (812) 369 6337

динамики сложной системы – на основе фундаментальных положений (аксиом), определяющих эволюционную сложность системы. Проблема пространства-времени рассматривается с учетом меры сложности [9], учитывающей эволюционную динамику, концепцию аналитического синтеза [5] и физические закономерности взаимодействия [4, 8].

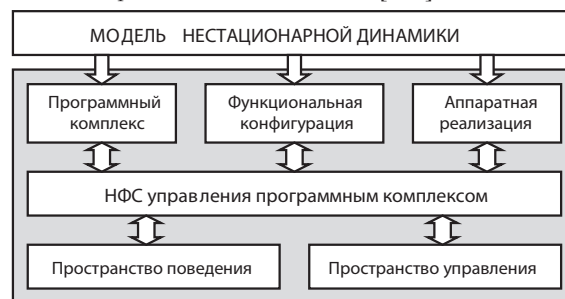


Рис. 2. Концептуальная модель нестационарной динамики

В основе эволюции МДО в рамках динамической модели СТК [4], определяющей фундаментальные принципы и концепцию эволюционирующих систем в виде следующих определений и утверждений.

**Определение 1.** Функциональное пространство эволюции МДО рассматривается как совокупность состояний, определяющих режимы движения к целевому аттрактору и при потере устойчивости:

$$\mathfrak{R}^0 \rightarrow \mathfrak{R}^n \xrightarrow{\alpha\beta} \mathfrak{R}^r \rightarrow \mathfrak{R}(F_r, Attr), \quad (2)$$

где  $\mathfrak{R}^0$  – исходное состояние МДО в контролируемой ситуации;  $\mathfrak{R}^n, \mathfrak{R}^r$  – состояния МДО в пространствах поведения и управления СТК;  $\alpha$  и  $\beta$  – ограниченные операторы;  $\mathfrak{R}(F_r, Attr)$  – система знаний, определяющая формирование фрактальных структур и аттракторных множеств.

**Определение 2.** Пространство поведения определяет множество состояний МДО в виде совокупности структур, образуемых алгоритмами идентификации, аппроксимации и прогноза в нестационарной среде на основе концептуальных решений, критериальных уравнений и нечеткой формальной системы (НФС):

$$W(t_0) \rightarrow W^*(t) \xrightarrow{\alpha^*} W(t_1) \dots \xrightarrow{\beta^*} \dots W(t_n) \quad (3)$$

где  $W(t_0)$  – исходное множество состояний МДО;  $W^*(t)$  – факторизованная система, реализующая эволюцию МДО в пространстве поведения;  $W(t_1)$  и  $W(t_n)$  – состояния МДО в результате использования интерпретирующих алгоритмов;  $\alpha^*$  – преобразование (гомеоморфизм), определяющее включение интерпретирующей системы  $W^*(t)$  в  $W(t)$ ;  $\beta^*$  – система канонических преобразований (гомоморфизмов), представленных в виде преобразования информации на интервале реализации  $[t_0, t_n]$ .

**Определение 3.** Пространство управления формируется на основе процедур построения сценариев развития эволюционной динамики МДО с целью выработки управленческих решений на интервале реализации в условиях неопределенности и неполноты исходной информации:

$$W^{**}(t) \xrightarrow{\alpha^{**}} W^{**}(t_1) \dots \xrightarrow{\beta^{**}} \dots W^*(t_n), \quad (4)$$

где  $W^{**}(t)$  – множество, сформированное по результатам выполнения условий (2), (3);  $W^{**}(t_1)$  – множество, определяющее пространство преобразований знаний (генерация альтернатив, построение ансамбля реализаций и выбор решения) при выработке управляющих воздействий;  $W^*(t_n)$  – результирующее множество выхода пространства управления в системе ППР;  $\alpha^{**}$  – преобразование (гомеоморфизм), определяющее включение системы  $W^{**}(t)$  в  $W^{**}(t_1)$ ;  $\beta^{**}$  – система канонических преобразований (гомоморфизмов), представленных в виде отображения информации на интервале реализации  $[t_0, t_n]$ .

**Утверждение 1.** Множество состояний МДО определяется как декартово произведение

$$H_C = M \times J_E \times S \times Q \times R, \quad (5)$$

где  $M, J_E, S, Q, R$  – множество  $M$  различных моделей поведения МДО, видов функционала  $J_E$ , стратегий управления  $S$ , ограничений  $Q$  и значений методов интерпретации  $R$ .

**Утверждение 2.** Функциональным множеством в задаче оптимального управления МДО является декартово произведение

$$H_R = A \times B \times C \times T_L \times U_0 \times \Phi_E, \quad (6)$$

где  $A, B, C$  – множества значений параметров моделей взаимодействия МДО с внешней средой;  $t_L, U_0, \Phi_E$  – множества, определяющие временной интервал, границы управления и минимизирующий функционал.

**Утверждение 3.** Множество процедур интерпретации определяет эволюцию МДО с использованием принципа конкуренции и семейства корректных алгоритмов.

**Утверждение 4.** Интегрированная среда пространства знаний в рамках концептуальной модели СТК (2) – (6) формируется с помощью процедур интерпретации на универсальном множестве эволюционной динамики МДО с соответствующей топологией функциональных отношений.

**Утверждение 5.** Семейство процедур интерпретации на универсальном множестве пространства знаний определяет связи наследования, отношения между которыми образуют иерархическую структуру динамической сети [5], с помощью которой формируются операции вывода знаний НФС при выборе предпочтительного решения NE(R) с введенной в нем топологией  $\mathfrak{Z}(NE)$ .

Приведенная формализация нестационарной динамики в пространствах поведения и управления определяет создание совокупности методов, моделей и алгоритмов контроля поведения МДО в рамках принципа конкуренции и адаптивных алгоритмов под управлением НФС.

Задача прогнозирования поведения МДО представляет собой цепочку преобразований:

$$X_1(T, S) \Rightarrow Y_1(Out), \dots, X_n(T, S) \Rightarrow Y_n(Out), \quad (7)$$

где компоненты  $X_1(t, S), \dots, X_n(t, S)$  определяют функции интерпретации и управления на каждом шаге выполнения операции преобразования информации, а  $Y_1(Out), \dots, Y_n(Out)$  – результаты прогноза исследуемой характеристики МДО.

## ИЕРАРХИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НЕСТАЦИОНАРНОЙ ДИНАМИКИ МДО

Одна из особенностей структуры знаний нестационарной динамики при интерпретации поведения МДО – *иерархическая организация* [1], определяющая управление в условиях временных задержек, шума и неопределенности. Стратегическое планирование операций и концептуальных решений представляется в виде динамической иерархической сети, отображающей фундаментальный результат интеграции знаний на базе интеллектуальных технологий и высокопроизводительных вычислений [5].

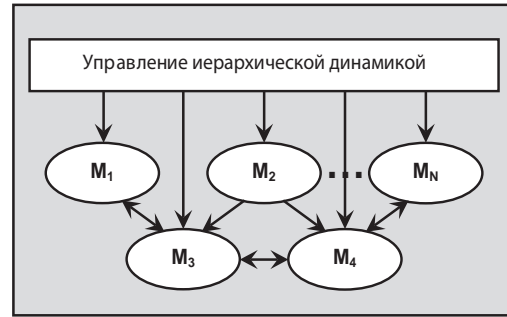


Рис.3. Иерархическая среда нестационарной динамики  $M_1, \dots, M_N$  – модели эволюции МДО

Иерархическая модель МПК позволяет описывать поведение МДО на различных уровнях абстракции: отражения элементов, свойств, характеристик, определяющих функции управления и интерпретации в процессе развития текущей ситуации. На любом уровне иерархии выделяются подсистемы и взаимосвязи между ними, при этом обеспечивается уровень целого и не теряются уровни тончайшего анализа. На каждом иерархическом уровне вводится описание последовательности операций в терминах пространств состояний и ситуаций в соответствии со следующими определениями:

**Определение 4.** Пространство состояний  $X$  нестационарной динамики МДО включает в себя тип и число параметров состояний  $W$ , функцию отображения  $f: X \times W \times R$  и описание состояний, соответствующих данному уровню иерархии.

**Определение 5.** Пространство ситуации нестационарной динамики МДО – множество элементов на данном уровне иерархии, характеризующееся параметрами ситуации и особенностями эволюционной динамики при заданном уровне внешних возмущений.

**Определение 6.** Математическое описание нестационарной динамики МДО с фиксированным пространством ситуации включает множества допустимых входов  $U$  и выходов  $Y$ , множество состояний  $Q$  (пространство ситуаций), функцию перехода  $\lambda: Q \times U \rightarrow Q$  и функцию выхода  $\gamma: Q \times U \rightarrow Y$ .

## НЕСТАЦИОНАРНАЯ ДИНАМИКА СТРАТЕГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Формальная модель преобразования информации при исследовании нестационарной динамики МДО открывает возможности поиска решений с использованием структур данных, характерных для исследуемых задач. Такая модель является универсальным аппаратом анализа и поиска решений. При этом открывается возможность «сжатия» информации, поскольку из данных динамических измерений извлекается только та информация, которая минимально необходима при контроле ситуации. В качестве инструментария описания задач  $S_i$  на базе функционального пространства МВК используется матрица стратегических решений [5]:

$$M_{SD} = [A, X] = \begin{bmatrix} \{A_1\} & \{A_i\} & \{A_n\} \\ (x_{11})^* & \dots & (x_{1n})^* \\ \dots & & \dots \\ (x_{im})^* & \dots & (x_{mn})^* \end{bmatrix}. \quad (8)$$

Матрица (8) получена на основе преобразования исходных данных (функциональных элементов) с помощью декартового произведения  $\{m \times n\}$  множеств альтернатив  $A$  и признаков  $X$ , формирующих отображение поведения МДО в текущей ситуации.

На базе матрицы стратегических решений строятся матрицы, отображающие функции интерпретации и управления на заданном интервале реализации:

$$\begin{matrix} \{A(Int)\} \\ \begin{bmatrix} f_1 & \dots & f_i & \dots & f_n \\ f_{11} & \dots & f_{1i} & \dots & f_{1n} \\ & & \dots & & \\ f_{1m} & \dots & f_{im} & \dots & f_{nm} \end{bmatrix} \end{matrix} \begin{matrix} \{A(ConS)\} \\ \begin{bmatrix} F_1 & \dots & F_i & \dots & F_n \\ F_{11} & \dots & F_{1i} & \dots & F_{1n} \\ & & \dots & & \\ F_{1m} & \dots & F_{im} & \dots & F_{nm} \end{bmatrix} \end{matrix} \cdot \quad (9)$$

Исходной информацией для построения матриц (8),(9) является модель преобразования информации в нестационарной динамической модели. Модель содержит три массива данных [4]: вектор условий, определяющий множество условий существования решений  $X = \{X_1, \dots, X_n\}$ ; вектор решений, включающий множество решений  $Y = \{Y_1, \dots, Y_m\}$ ; матрицу  $Y$  соответствия, задающую модель связи между условиями и решениями. Такая интерпретация данных нестационарной динамики отображает принцип дополтельности, согласно которому обеспечиваются непрерывное изменение поведения МДО.

Модель интерпретации нестационарной динамики МДО представляется в виде области взаимодействия, в которой осуществляются преобразования, позволяющие понимать процессы обучения и развития и выявлять физические эффекты изучаемого явления (рис. 4).



Рис. 4. Теоретический базис нестационарной динамики МДО

Переход от теоретических представлений (1) – (9) к формальным моделям СТК позволяет представить состояние МДО при решении практических задач кораблестроения и морской техники [4],[5],[8] в рамках концепции УС [13]. Общая формальная модель знаний, интегрирующая используемые классы функций интерпретации поведения МДО (рис. 5), представляется как функционал:

$$\Phi_1\{f(\cdot)|\mu\}, \dots, \Phi_5\{f(\cdot)|\mu\}, \quad (10)$$

где  $\Phi_j\{f(\cdot)|\mu\}$ , ( $j=1, \dots, 5$ ) – функции, определяющие классы моделей интерпретации:  $\Phi_1\{f(\cdot)|\mu\}$  и  $\Phi_2\{f(\cdot)|\mu\}$  – вычислительные и диагностические модели;  $\Phi_3\{f(\cdot)|\mu\}$  – модели, определяющие стратегию СТК;  $\Phi_4\{f(\cdot)|\mu\}$  – модели на основе априорной информации, концепции минимальной длины

описания (Minimal Description Length – MDL) [2] и теории сложности [9];  $\Phi_5\{f(\cdot)|\mu\}$  – модели динамической базы знаний.

Построение функции управления на каждом шаге итерационной процедуры ведется на основе синергетической парадигмы [5] в виде последовательности воздействий:

$$\pi(S) = f_j(\cdot)|\Delta t_1, \dots, f_n(\cdot)|\Delta t_n, \quad (11)$$

где  $f_j(\cdot)$  – закон управления, определяющий фазы расширения и сжатия в зависимости от функции интерпретации состояния на  $j$ -м этапе эволюции системы ( $j = 1, \dots, n$ );  $\Delta t_j$  – длительность этапов.

## МУЛЬТИМОДЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС НЕСТАЦИОНАРНОЙ ДИНАМИКИ МДО

Решение задач адаптивного управления МДО ведется на основе МПК исследования нестационарной динамики с помощью функции интерпретации (виртуального образа ситуации), осуществляющей генерацию стратегий управления и координацию работы МПК на основе множества локальных моделей.

Контроль поведения МДО на интервале  $[t_0, t_k]$  осуществляется с использованием следующих аксиом.

**Аксиома 1.** Идентификация поведения МДО осуществляется из множества альтернативных ситуаций  $\{S_j\}$ ,  $j = 1, \dots, z$ , каждой из которых по критерию  $R$  соответствует один из альтернативных алгоритмов  $\{A_j\}$ ,  $i = 1, \dots, q$ .

**Аксиома 2.** Соответствие между исследуемой ситуацией  $S_i$  и оптимальной структурной алгоритмом  $S_i \rightarrow A_j$ , реализуется функцией интерпретации  $i = \varphi(j)$ ,  $i = 1, \dots, q$ ,  $j = 1, \dots, z$ , с помощью которой решается проблема использования адаптируемой структуры.

**Аксиома 3.** Каждую ситуацию кодируют вектором  $S = (S_1, \dots, S_u)$  в  $u$ -мерном пространстве. Точке  $S_i$  этого пространства соответствует лучший алгоритм  $A_j$ , определяемый как

$$R(A_i, S_i) = \min_{j=1, \dots, q} R(A_j, S). \quad (12)$$

Таким образом, имеем  $q$ -классовую задачу интерпретации нестационарной динамики МДО (распознавания образов) на основе конечной обучающей выборки  $\langle S_j, A_j \rangle$  ( $j = 1, \dots, N$ ), элементы которой определяются путем решения оптимизационной задачи:

$$R(A, S_i) \rightarrow \min_{A_1, \dots, A_q} \Rightarrow A_j, \quad (13)$$

где  $S_j$  ( $j = 1, \dots, N$ ) – ситуации, представляющие различные части пространства  $\{S\}$ .

Практическая реализация аксиом 1–3 и концептуальных решений (1)–(13) определяет общий принцип использования алгоритмов контроля поведения МДО на основе СТК, НФС, системы виртуальной реальности (ВР-система) и стратегии управления МПК в режиме УС.

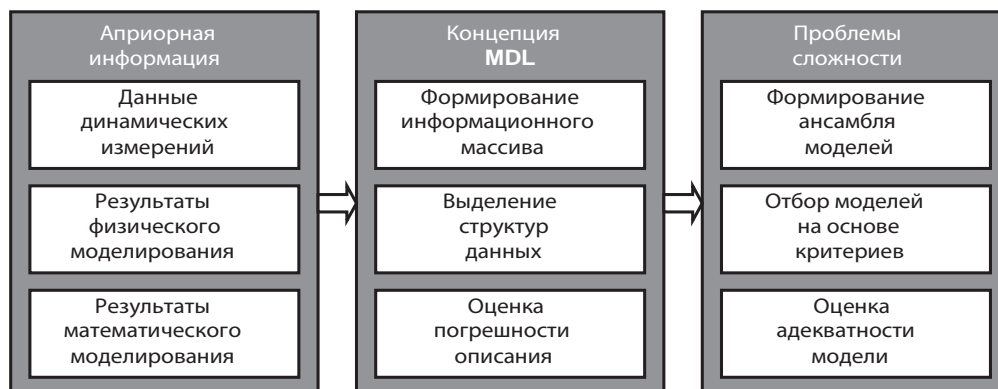


Рис. 5. Функции интерпретации нестационарной динамики



## ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ НЕСТАЦИОНАРНОЙ ДИНАМИКИ

Прикладные аспекты нестационарной динамики в кораблестроении и морской технике реализуются на основе интеллектуальных технологий и высокопроизводительных вычислений [4–6] в режиме УС [13]. Концепция эволюционной динамики определяет переход состояний под воздействием управления  $U^*$  и возмущения  $W^*$  на основе динамической модели СТК:

$$U^* : T \rightarrow U, \quad W^* : T \rightarrow W, \quad (14)$$

В функциональном отношении преобразование (14) отличается способностью поддержания баланса равновесия между параметрами МДО, управление которым реализуется набором функций:

$$F = F_1 \cap \dots \cap F_k. \quad (15)$$

Пересечение этих множеств описывает ППР. Каждый элемент декартова произведения

$$R \subseteq F \times I_R, \quad (16)$$

определяет уровень интеллектуальности системы.

Усложняя систему знаний и организуя ее адаптивные свойства, можно управлять процессами поддержания ее устойчивости. Согласно закону Окаама [5], если получается несколько различных корректных решений, то лучшее из них – решение, обладающее наименьшей структурной сложностью.

В качестве примеров практической реализации рассмотрим системы знаний при обработке информации в МПК на основе нейродинамического, когнитивного и мультиагентного моделирования. Основное внимание обратим на приложения в кораблестроении и морской технике, характеризующие общие закономерности эволюционной динамики в пространства поведения и управления СТК.

Нейродинамическое моделирование. Процедуры синтеза нейронных сетей [4],[5] основаны на закономерности, определяющей *подобные упорядочения* в нестационарной среде. Эта закономерность выражает фундаментальный результат преобразования информации при переходе от стандартной модели, основанной на традиционных процедурах классической математики, к нейросетевому базису. Система нейродинамического моделирования [4, 5] содержит различные структуры, реализующие операции преобразования знаний: многослойную сеть в задачах нейроаппроксимации и нейропрогноза; нейросетевой ансамбль, реализующий модели «климатического спектра» волнения, интегрированный нейросетевой комплекс, реализующий преобразование сложных сигналов при контроле экстремальных ситуаций.

Когнитивное моделирование. Стратегия моделирования [11] определяет процедуры интерпретации графической и аналитической информации на основе методов СТК. Ключевые особенности такого преобразования позволяют исследовать поведение МДО при изучении резких скачкообразных явлений нестационарной динамики в системах СИИ [8]. Когнитивное моделирование предполагает исследование МДО в виде когнитивной карты, представленной параметрическим векторным функциональным графом [5],[11]. Такое представление позволяет моделировать разнообразные ситуации на основе СТК [4, 5, 8].

Мультиагентное моделирование. Практическая реализация мультиагентного моделирования [6] в задачах кораблестроения и морской техники рассмотрена в приложениях, связанных с контролем поведения МДО в экстремальных ситуациях на основе интегрированных СИИ нового поколения, а также в задачах контроля транспортных потоков и эвакуации пассажиров и экипажа в морских катастрофах. Геометрическая модель МДО и фрагмент графа перемещений при эвакуации пассажиров и экипажа реализованы на основе метода растеризации пространства на основе квадродеревьев, позволяющего рекурсивно разбивать пространство палубы на квадранты с заданным интервалом [6].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Моделирование нестационарной динамики в задачах кораблестроения и морской техники – важнейшая эволюционная проблема, исследованию различных аспектов которой посвящена эта статья. На примерах практических приложений эволюционной динамики показано, что невозможно войти в новый мир современной науки со старыми знаниями. Надо развивать новое знание, и пока мы не осознаем, что это основное направление развития интеллектуальных технологий XXI века, мы будем долго находиться в рамках старых представлений и использовать достижения других стран в виде теоретических результатов и компьютерных программных систем.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Воронин А.А., Мишин С.П. Оптимальные иерархические структуры. – М.: ИПУ РАН, 2003. – 214 с.
2. Колмогоров А.Н. Теория информации и теория алгоритмов. – М.: Наука, 1987. – 304 с.
3. Моисеев Н.Н. Избранные труды. – М.: Тайрекс Ко, 2003. – 234 с.
4. Нечаев Ю.И. Теория катастроф: современный подход при принятии решений. – СПб.: Арт-Экспресс, 2011. – 392 с.
5. Нечаев Ю.И. Современные проблемы информатики и вычислительной техники. – СПб.: Арт-Экспресс, 2018. – 315 с.
6. Нечаев Ю.И. Проблемы мультиагентного моделирования на основе нейродинамических систем и современной теории катастроф. – XX Междунар. науч.-техн. конфер. «Нейроинформатика-2018»: Лекции по нейроинформатике. – М.: НИЯУ МИФИ, 2018, с.157 – 199.
7. Новиков Д.А., Петраков С.Н. Курс теории активных систем. – М.: СИНЕГ, 1999. – 104 с.
8. Системы искусственного интеллекта с интеллектуальных технологиях XXI века. – СПб.: Арт-Экспресс, 2011. – 376 с.
9. Солодовников В.В., Тумаркин В.И. Теория сложности и проектирование систем управления. – М.: Наука, 1990. – 341 с.
10. Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. – М.: Наука, 1986. – 285 с.
11. Nechaev Yu.I., Degtyarev A.B., Boukhanovsky A.V. Cognitive computer graphics in information interpolation in real time intelligence systems. – Proc. of International conference «Computational Science-ICCS 2002». Amsterdam. – the Netherlands, part.1. Springer. 2002, p. 683–692.
12. Szalay A. Extreme data-intensive scientific computing // Computing in Science & Engineering. – 2011. – Т. 13. – №. 6. – С. 34-41.
13. Urgent Computing Workshop 2007. – Argonne National Lab, University of Chicago, April 25–26 2007. – [Электронный ресурс]: <<http://spruce.teragrid.org/Workshop/urgent07.php>> ■

**В** современной России рейтинговые оценки субъектов Российской Федерации стали признанным и эффективным инструментом государственного управления.

На основе таких рейтингов органы власти и управления получают информацию для определения приоритетов в разработке государственной политики, а субъекты федерации – ориентиры в выборе направлений для своего дальнейшего развития.

В частности, можно отметить Указ Президента Российской Федерации от 14 ноября 2017 г. № 548 «Об оценке эффективности деятельности органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации», утвердивший перечень показателей для проведения рейтинговой оценки, Указ Президента Российской Федерации от 25 апреля 2019 г. № 193 «Об оценке эффективности деятельности высших должностных лиц (руководителей высших исполнительных органов государственной власти) субъектов Российской Федерации и деятельности органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации».

Анализ показателей социально-экономического развития и рейтинг регионов по уровню развития лежит в основе распределения дотаций регионам – субъектам федерации, достигших наилучших результатов по социально-экономического развития в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 23.12.2015 г. № 1408 (с изменениями Постановлением Правительства РФ от 27.12.2017 г. № 1430), которым определен порядок выделения Межбюджетных трансфертов регионам с высшими рейтингами и утверждена методика рейтинговой оценки.

Распоряжением Правительства РФ от 19.06.2017 г. № 1284-р утвержден перечень показателей, используемых для расчета рейтинга субъектов РФ.

Распоряжением Правительства РФ от 11.04.2016 г. № 642-р утвержден перечень показателей, используемых для расчета рейтинга состояния инвестиционного климата в субъектах РФ.

Распоряжением Правительства РФ от 10 апреля 2014 г. № 570-р «О перечнях показателей для оценки эффективности деятельности руководителей федеральных органов исполнительной власти и высших должностных лиц (руководителей высших исполнительных органов государственной власти) субъектов РФ по созданию благоприятных условий ведения предпринимательской деятельности (до 2018 г.) и методиках определения целевых значений показателей оценки эффективности их деятельности» предусмотрена рейтинговая оценка деятельности руководителей

## РЕЙТИНГОВЫЕ ОЦЕНКИ РАЗВИТИЯ МОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РЕГИОНОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

*Л.М. Клячко, д-р техн. наук, советник заместителя ген. директора ФГУП «Крыловский государственный научный центр»,  
В.В. Дударенко, председатель совета директоров ООО «Судпромкомплект»,  
контакт. тел. (495) 617 3948*

регионов по созданию благоприятных условий ведения предпринимательской деятельности.

В соответствии с утвержденным Распоряжением Правительства РФ от 05.09.2015 г. № 1738-р Стандартом развития конкуренции в субъектах Российской Федерации определяется рейтинг глав регионов по уровню содействия конкуренции (готовится Аналитическим центром при Правительстве РФ).

Следует отметить, что рейтинговые оценки развития регионов осуществляются во всех развитых странах. Некоторые примеры приведены в табл. 1:

тве других приморских стран, и не показывают превосходства над остальными в уровне экономического развития. Более того, кризис 90-х гг. прошлого века в наибольшей степени поразил именно приморские регионы: за 1991–2000 гг. количество жителей приморских регионов снизилось на 2,7%, тогда как в остальных регионах – на 1,7%\*.

Во-первых, это связано с тем, что приморские регионы России большей частью расположены на востоке и севере страны: занимая больше 60% территории страны, в них концентрируется менее четверти населения.

Таблица 1

Рейтинговые оценки регионов в ряде стран\*

| Страна         | Оценочный орган   | Цели   |
|----------------|---|--|
| Германия       | Федеральная служба строительства и регионального планирования | Сравнение регионов между собой и выравнивание уровней их развития  |
| Великобритания | Агентство регионального развития (RDA)<br>Счетная палата      | Разработка стратегических планов развития регионов<br>Оценка результативности услуг, предоставляемых местными властями |
| Франция        | Правительство   | Контроль и сравнение состояния префектур   |
| Италия         | Административные институты центральной власти                 | Предупреждение кризисного состояния  |
| Канада         | Федеральное правительство                                     | Оценка текущего состояния и тенденций развития для ликвидации регионального неравенства                                |

\* [https://Journal.safbd.ru/sites/default/files/articles/sifbd-2006-1\\_3-8.pdf](https://Journal.safbd.ru/sites/default/files/articles/sifbd-2006-1_3-8.pdf)

Россия позиционирует себя как великая морская держава. В Морской доктрине РФ (ст. 15.) указано, что решение задач национальной морской политики осуществляется, в том числе, и органами исполнительной власти субъектов страны.

Наличие у приморских регионов морского побережья создает предпосылки для их ускоренного развития, что связано с возможностью развития именно морских видов экономической деятельности: морского транспорта, портовой деятельности, судостроения, добычи морских биоресурсов, туризма. Это подтверждает и мировой опыт: приморские регионы, как правило, превосходят в своем развитии континентальные.

Вместе с тем в РФ указанные предпосылки имеют гораздо меньшее влияние на развитие экономики, чем в большинс-

Во-вторых, унаследованные от СССР особенности размещения экономики, ориентированной преимущественно на внутренний рынок, нивелировали преимущества приморского расположения. Внешнеторговые связи осуществлялись (и до сих пор осуществляются) с помощью железнодорожного, автомобильного и трубопроводного транспорта через регионы с сухопутными внешними границами.

Все это приводит к мысли о необходимости использования рейтинговых оценок для определения уровня развития морской деятельности регионов.

**Преимущества рейтинговых оценок.** Использование таких оценок развития морской деятельности в при-

\* Федоров Г.М., Корнеевец В.С. Социально-экономическая типологизация приморских регионов России // Балтийский регион, 2015, № 4 (26), с. 121–134.

морских субъектах федерации поз-волит:

- создать новую информационную основу для эффективной разработки федеральных и региональных программ развития и повышения конкурентоспособности морских отраслей;
- осуществлять мониторинг достижения соответствующих целевых параметров;
- создавать объективную основу для выработки управленческих решений;
- осуществлять сравнительный анализ развития морской деятельности в регионах;
- обеспечивать региональные и федеральные органы власти и управления детализированными данными об уровне конкурентоспособности в разрезе субиндексов, групп показателей и их отдельных значений;
- повышать уровень регионального управления морской деятельностью;
- определять направления наиболее полного использования преимуществ морских субъектов федерации для развития их экономики.

В рамках общей оценки развития морской деятельности приморских регионов предполагается проводить оценку деятельности морских советов. На заседании Морской коллегии 16 июля 2004 г. секретарю коллегии было предложено подготовить обращение к Президенту Российской Федерации с просьбой предложить полномочным представителям Президента в Северо-Западном, Южном, Дальневосточном и Сибирском федеральных округах сформировать в составе их аппаратов координационные органы – советы по морской деятельности.

В результате морские советы были созданы не в аппаратах полномочных представителей Президента РФ в федеральных округах, а при губернаторах приморских субъектов федерации, о чем и было доложено на заседании Морской коллегии 17 декабря 2004 г. (протокол № 2 (7)). Всего в 2004–2005 гг. подобные советы были образованы в большинстве приморских субъектов (в 21 из 23).

В состав морских советов, возглавляемых губернаторами соответствующих субъектов федерации, вошли руководители отдельных отраслевых министерств субъекта федерации, муниципальных образований, расположенных на приморских территориях, судостроительных предприятий, морских и речных портов, транспортных организаций, представители федеральных структур, деятельность которых связана с морской и речной деятельностью, военно-морского флота, Пограничной службы ФСБ России, рыбохозяйственного комплекса.

Предполагалось, что новые структуры будут вносить существенный вклад в развитии морской деятельности приморских субъектов страны.

**Субъекты Российской Федерации, включаемые в перечень для рейтинговой оценки.** В составе РФ – 23 приморских субъекта Федерации (из 85). Если следовать классификации региональных направлений развития морской деятельности, определенных Морской доктриной Российской Федерации, это:

- регионы атлантического направления:
    - Балтийское море – г. Санкт-Петербург, Ленинградская область, Калининградская область;
    - Черное и Азовское моря – Ростовская область, Краснодарский край, Республика Крым, г. Севастополь;
  - регионы арктического направления – Мурманская область, Республика Карелия, Архангельская область, Ненецкий АО (в составе Архангельской области), Ямало-Ненецкий АО (в составе Тюменской области), Красноярский край, Республика Саха (Якутия);
  - регионы тихоокеанского направления – Сахалинская область, Приморский край, Хабаровский край, Магаданская область, Камчатский край, Чукотский АО;
  - регионы каспийского направления – Астраханская область, Республика Калмыкия, Республика Дагестан.
- Вместе с тем определенные Морской доктриной направления морской деятельности характерны для целого ряда регионов, не имеющих непосредственного выхода к морю. Например, развитую судостроительную промышленность имеют Республика Татарстан, Нижегородская область.

В связи с этим в перечень регионов для проведения рейтинговой оценки развития морской деятельности кроме приморских регионов возможно включение и других регионов.

**Выбор основных показателей для проведения рейтинговых оценок.** Основу проведения рейтинговых оценок составляет обоснованный и адекватный целям и задачам проводимых оценок выбор показателей.

В литературе сформированы основные требования к показателям рейтинговых оценок. Среди них можно выделить такие, как:

- 4С – Clearness (Четкость), Completeness (Полнота), Complexity (Комплексность), Consistency (Непротиворечивость)
- SMART – Specificity (Конкретность), Measurability (Измеримость), Achievability (Достижимость), Relevance (Релевантность), Time-certainty (Привязка к определенному периоду времени).

К указанным требованиям можно добавить необходимость:

- ограничить количество – выделить главные, отражающие основные направления развития морской деятельности в регионе;
- простота определения и получения исходных данных – получение отчетных данных должно производиться с наименьшими затратами;
- прозрачность;
- наглядность;
- сопоставимость (обеспечение возможности сопоставления данных по периодам, по регионам и т. д.);
- достоверность – способ сбора и обработки исходной информации должен допускать возможность проверки точности получения данных;
- однозначность.
- своевременность и регулярность – строгое определение периодичности формирования отчетных данных и незначительный временной лаг между моментом сбора информации и сроком ее использования.

В рамках задач предлагается давать рейтинговые оценки *не состоянию* морской деятельности регионов – здесь стартовые позиции регионов различаются очень сильно, а именно *развитию*, т. е. динамике изменения основных показателей морской деятельности в субъектах федерации.

Исходя из изложенных требований к вводимым оценкам, предлагаются следующие основные показатели:

- изменение объемов судостроительной промышленности в денежном выражении (% к предыдущему году);
- изменение объемов инвестиций в судостроительную промышленность (% к предыдущему году);
- изменение объемов портовой деятельности (% грузооборота к предыдущему году);
- изменение объемов инвестиций в портовую деятельность (% к предыдущему году);
- изменение добычи морских биоресурсов (% к предыдущему году);
- изменение объемов инвестиций в рыбохозяйственную деятельность (% к предыдущему году).

При оценке указанных частных показателей развития морской деятельности используются официальные статистические данные.

Для оценки деятельности морских советов предлагается использовать следующие показатели:

- активность деятельности совета (количество заседаний, количество принятых решений);
- активность деятельности комитетов, рабочих групп, созданных при совете (количество заседаний, количество принятых решений);



- мероприятия, проводимые советом (количество мероприятий, количество участников);
- нормативно-законодательная деятельность совета (количество подготовленных проектов нормативных актов на региональном уровне, количество подготовленных проектов нормативных актов на федеральном уровне, количество принятых нормативных актов на региональном уровне, количество принятых нормативных актов на федеральном уровне);
- информационное обеспечение деятельности совета (выход телевизионных сюжетов о его деятельности, выпуск радиосюжетов о деятельности совета, размещение публикаций в печатных СМИ, в интернет-ресурсах о деятельности совета, наличие сайта совета и его регулярная актуализация, наличие собственного печатного издания).

**Выбор методики рейтинговой оценки.** В рейтинговых оценках интегральный региональный индекс рассчитывается путем последовательной агрегации частных показателей, взвешенных с соответствующими коэффициентами их значимости, отнесенными к их вкладу в интегральный индекс, в субиндексы. Затем полученные субиндексы с учетом их удельных весов, меняющихся в зависимости от стадии развития региона, агрегируются в региональный индекс. При этом могут рассматриваться несколько уровней субиндексов.

В настоящее время существует целый ряд подходов к осуществлению рейтинговых оценок (метод кластерного анализа, метод матричного анализа, метод балльных оценок и др.).

В методиках, разработанных Министерством экономического развития в целях реализации Указов Президента и Правительства РФ, упомянутых в разделе 1, как правило используется метод сравнительной рейтинговой оценки.

В основе этого метода лежит сравнение регионов по каждому из показателей с регионом, имеющим наилучшие результаты по данному показателю. Общий алгоритм состоит в следующем:

пусть  $A_{ij}$  – значение показателя  $i$  для  $j$ -го региона.

По каждому выбранному показателю находится максимальное значение –  $A_{imax} = \max_j A_{ij}$

Затем показатели каждого региона нормализуются по отношению к максимальному показателю:

$$X_{ij} = \frac{A_{ij}}{A_{imax}},$$

где  $X_{ij}$  – нормированное значение.

Итоговый рейтинг определяется по формуле

$$P_j = \sqrt{\alpha_1(1-x_{1j})^2 + \dots + \alpha_n(1-x_{nj})^2},$$

где  $P_j$  – рейтинговая оценка для  $j$ -го региона;  $\alpha_i$  – вес  $i$ -го показателя.

кой деятельности как по отдельным ее направлениям, так и в динамике за определенный временной период (рис. 1). Предлагается результаты рейтинговых оценок развития морской деятельности (табл. 2) включать в ежегодный доклад

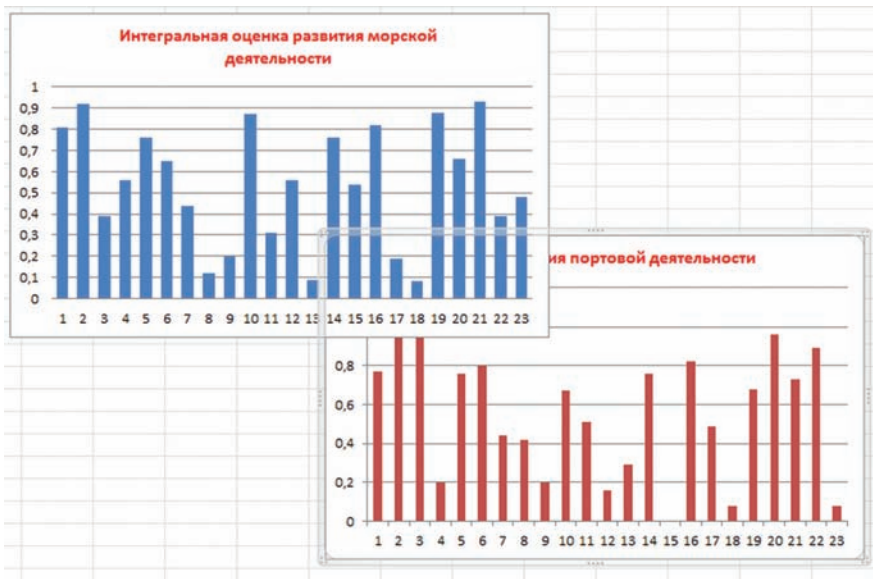


Рис. 1. Результаты рейтинговой оценки

Таблица 2

**Итоги оценки эффективности деятельности морских советов приморских субъектов Российской Федерации за 1-й квартал 2019 г.**

| Субъект Российской Федерации   | Сводный показатель | Динамика  |
|--|--------------------|---|
| Архангельская область<br> | 0,93               |  |
| г. Санкт-Петербург<br>    | 0,86               |  |
| г. Севастополь<br>        | 0,83               |  |

**Итоговые результаты рейтинговой оценки** позволяют оценить уровни развития морской деятельности в регионах.

Одновременно появляется возможность оценить уровень развития морс-

кой деятельности и отражать на сайте Морской коллегии при Правительстве Российской Федерации. ■

**В**ячеслав Васильевич Дударенко родился 27 октября 1939 г. в селе Сантахеца Спасского района Приморского края в простой рабочей семье. Его отец Василий Тарасович был старшим рабочим на зернообрабатывающей станции, мама Ольга Григорьевна – заботливой хранительницей домашнего очага.

В 1947 г. Вячеслав Васильевич поступил в сельскую среднюю школу, где учился на отлично, проявляя особую склонность к физико-математическим предметам и иностранным языкам. Большое внимание он уделял чтению художественной литературы, особенно посвященной морской тематике. В 1957 г. Вячеслав Васильевич окончил школу, и через год его призвали на военную службу в Тихоокеанский флот. Он честно и достойно исполнил свой воинский долг на дизельной подводной лодке пр. 641 в качестве моториста машинной группы – был занесен в Почетную книгу военной части как отличник.

Завершив службу в 1961 г. старшим матросом, Вячеслав Васильевич поступил во Владивостокский политехнический институт им. Куйбышева на кораблестроительный факультет по специальности инженер-механик судовых силовых установок. Успешно закончив его в 1966 г., он был отправлен в Комсомольск-на-Амуре, надолго связав свою судьбу с судостроительным заводом им. Ленинского комсомола (ныне – Амурский судостроительный завод), третий по величине судостроительный завод в советской России. Там он начал свой трудовой путь со строителя по механической части отдела главного строителя подлодок, постепенно поднимаясь по карьерной лестнице, дойдя до коммерческого директора предприятия. Одновременно Вячеслав Васильевич активно участвовал в жизни Комсомольска-на-Амуре. Будучи избранным народным депутатом центрального района города, он активно помогал жителям города.

Вячеслав Васильевич непосредственно руководил постройкой целой серии субмарин пр. 667А, 667Б, 667БД, 636, 690, 877, 940, 971, а также гражданских судов ледокольного типа и плавучих доков, среди которых стоит отметить уникальный пр. 1780 «Шилка», в создании которого есть и его заслуга. Уникальность плавучего ремонтного дока «Шилка» в том, что находящиеся в нем атомные подводные лодки при необходимости могут в любой момент осуществить запуск ракет по назначенной цели. Стоит отметить, что пр. 1780 остается уникальным и сегодня.

В 1980 г. на воду была спущена первая российская дизель-электрическая подводка пр. 877, более известная как «Варшавянка», ставшая одной из самых массовых подводных лодок отечествен-

## К 80-ЛЕТИЮ В.В. ДУДАРЕНКО

ООО «Судпромкомплект»,  
контакт. тел. (495) 617 3948



ного флота. За счет своей акустической невидимости она прославилась во всем мире, завоевав статус самой малозумной субмарины, отчего на Западе ее прозвали «черной дырой». Непосредственным руководителем строительства подводной лодки этого проекта был Вячеслав Васильевич Дударенко.

Как ответственный сдатчик, Вячеслав Васильевич всегда присутствовал на испытаниях кораблей в море и часто при возникновении серьезных проблем принимал неординарные решения, помогавшие их успешно разрешить. Его управленческие способности заметили в Министерстве судостроительной промышленности и Управлении кораблестроения ВМФ, и в 1987 г. он переезжает в столицу на должность заместителя начальника 1 Главного управления кораблестроения Минсудпрома СССР. Осуществляя непосредственное руководство многогранным процессом строительства атомных субмарин, он курировал ключевые судостроительные гиганты страны – Севмаш, «Адмиралтейские верфи», «Красное Сормово» и Амурский судостроительный завод, где его хорошо помнят по сей день. Его как неординарного управленца всегда направляли на самые сложные участки для разрешения возникающих ситуаций.

В 1988 г. Вячеслав Васильевич был назначен первым заместителем начальника, а затем начальником Главного управления комплектации Минсудпрома. В 1991 г. он становится начальником главка объединенных судостроительных и судоремонтных предприятий отрасли. После 1991 г. советская система судостроения оказалась развалена, все кораблестроительные заводы остались без поддержки государства. Чтобы они окончательно не превратились в руины, Вячеслав Васи-

льевич реорганизовал главк комплектации в АО «Судпромкомплект», став его генеральным директором. Свою кипучую энергию он, как всегда, направил в созидательное русло, от которого зависела судьба целой промышленной отрасли новой России. Его детище – «Судпромкомплект», проработавшее целых 15 лет, позволило сохранить производственную кооперацию в условиях полного отсутствия госзаказа и обеспечило поставку комплектующих, необходимых для строительства кораблей, что помогло судостроительным заводам выжить в 90-е гг. «Судпромкомплект» стал настоящим брендом в российском судостроении и продолжал свою работу вплоть до середины 2000-х гг., пока в данной отрасли не произошли серьезные изменения.

Занимаясь атомными подводными лодками, Вячеслав Васильевич был тесно связан с СКТБЭ и хорошо знаком с его директорами, которым не раз оказывал коммерческую помощь в тяжелее 90-е. В 2011 г. судьба свела его с Александром Егоровичем Яцукон, по предложению которого Вячеслав Васильевич возглавил фирму, которую решили назвать в честь его детища «Судпромкомплект». Будучи генеральным директором, Вячеслав Васильевич всего за один год смог оборудовать мощный станочный парк и укомплектовать многочисленный штат специалистов, превратив маленькую фирму в достаточно крупное производственное предприятие.

Феноменальная память Вячеслава Васильевича удивляет всех: он знает наименования и ключевые характеристики комплектующих деталей для всех видов подводных и надводных кораблей.

Кроме того, Вячеслав Васильевич внес большой вклад в налаживание новой производственной кооперации СКТБЭ, которая позволила вывести производство ряда блоков системы ЭХРВ на качественно новый уровень. Его бесценные знания и опыт до сих пор служат на благо отечественного судостроения.

Сегодня Вячеслав Васильевич – председатель совета директоров «Судпромкомплект», принимает активное участие в жизни предприятия и не перестает удивлять своих коллег исключительной работоспособностью, энергичностью и оптимизмом.

*Друзья и коллеги, его верные соратники поздравляют Вячеслава Васильевича с юбилеем и желают ему здоровья и больших успехов в работе на благо отечественного судостроения.*

*Редакционный совет и редколлегия журнала «Морской вестник» присоединяются к этим поздравлениям и желают юбиляру благополучия и творческого долголетия. ■*

В настоящее время скоростные суда занимают заметное место среди других типов транспорта и способны с ними конкурировать при транспортировке пассажиров [1, 2]. В регионах с умеренным климатом пассажирские перевозки с помощью водного скоростного транспорта носят зачастую сезонный характер, однако в некоторых географических регионах они могут осуществляться круглогодично, обеспечивая высокие показатели транспортной работы. Также к одной из основных эксплуатационных особенностей современных пассажирских скоростных судов можно отнести их действие на относительно непротяженном маршруте, на котором имеется постоянный пассажиропоток. Протяженность маршрута в зависимости от географии перевозок может составлять от нескольких единиц до нескольких сотен километров (примеры маршрутов скоростных судов представлены в [1, 3]). На коротком маршруте судно может совершать за один день несколько десятков рейсов, перевозя суммарно до нескольких тысяч пассажиров в зависимости от пассажиропотока, пассажироместимости судна, скорости движения и протяженности маршрута. На протяженном маршруте количество рейсов в день снижается вплоть до одного, а главной задачей судна становится транспортировка пассажиров на значительное расстояние в течение, как правило, одного светового дня.

Одним из основных эксплуатационных показателей и в первом, и во втором случае будет топливная экономичность, от которой зависит большая часть эксплуатационных расходов. Преимуществом получения судно с меньшим расходом топлива при прочих равных условиях: скорости движения, количестве перевозимых пассажиров, одинаковых амортизационных отчислениях. Поскольку скоростные пассажирские суда относятся к коммерческому транспорту, технические и эксплуатационные параметры выбирают на стадии проектирования, исходя из возможной достижимой энергетической и транспортной эффективности, обеспечивая тем самым снижение расходов на эксплуатацию и цен на перевозку пассажиров, повышение рентабельности судна в целом. Таким образом, с эксплуатационной и экономической точек зрения желательнее использование судна с наиболее низким расходом топлива при заданной скорости движения и пассажироместимости.

## СКОРОСТНЫЕ ПАССАЖИРСКИЕ СУДА: ТРАНСПОРТНЫЕ, ТЕХНИЧЕСКИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ

М.А. Смирнов, инженер  
ФГУП «Крыловский государственный научный центр»,  
контакт. тел. (812) 748 6325, thinking78@bk.ru

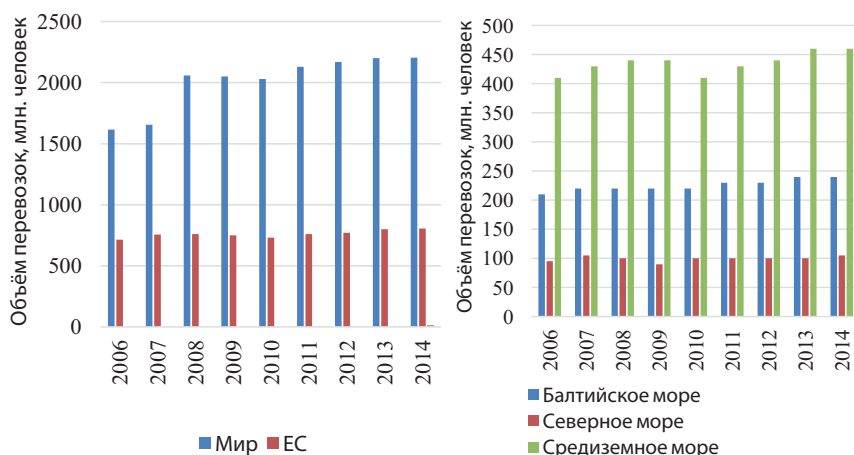


Рис. 1. Объем пассажирских перевозок скоростными судами по годам

### ОБЩИЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СКОРОСТНОГО ПАССАЖИРСКОГО СУДОСТРОЕНИЯ

Прежде чем приступить к численным оценкам, стоит обратить внимание на географические и производственные особенности, характерные для стран, в которых используется водный скоростной пассажирский транспорт. Скоростные пассажирские перевозки осуществляются преимущественно в странах ЕС, Южной Азии, Индонезии, Австралии, странах Северной Америки, в основном в морских условиях.

Скоростное судостроение – активно развивающаяся отрасль промышленности, реализующая в большом объеме современные достижения науки и техники, людские, производственные, энергетические ресурсы. В связи с этим расположение проектных бюро и судостроительных предприятий сосредоточено в промышленных центрах с высокими экономическими показателями (страны с развитой рыночной экономикой), такими как ВВП на душу населения, ВВП в пересчете на специалиста, производительность труда и др. Также для развитых стран характерны международная кооперация в промышленном секторе экономики, значительные объемы экспорта продукции скоростного судостроения. В вышеуказанных регионах сосредоточены ведущие проектные бюро скоростного судостроения: Incat Crowther, Brødrene Aa, One2three Naval Architects, Damen и др., а также предприятия-производители скоростных судов: Incat Australia, Brødrene Aa, Richardson Devine, Wight Shipyard, Dacota Creek In-

dustries, Ares Shipyard и др. Также в этих регионах эксплуатируется наибольшее количество скоростных судов. Их количественное распределение по географическим регионам приведено в электронных базах [4, 5].

На данный момент, основываясь на данных [1, 4, 5], суммарная численность перевезенных пассажиров в мире составляет более 2 млрд. ежегодно (рис. 1), около трети из которых приходится на страны ЕС. Объем перевозок с помощью скоростных судов имеет тенденцию к росту и численно сопоставим с объемом перевозок на коммерческих авиалиниях.

Общее количество скоростных пассажирских судов в мире составляет около 6000 ед. (рис. 2) [6]. Начиная с середины 90-х гг. прошлого века большую часть всех скоростных пассажирских судов в мире составляют скоростные пассажирские катамараны. Их количество и процент по отношению к однокорпусным скоростным судам ежегодно растет. Данное обстоятельство вызвано наличием заказов, объясняющихся опытом эксплуатации судов на пассажирских маршрутах, преимущественно на многокорпусные пассажирские скоростные суда, снятием с производства устаревших видов пассажирских судов, таких, как СПК и глиссирующих, их постепенной утилизацией. По статистическим данным, представленным в [7], в 2018 г. было построено порядка 70 скоростных пассажирских судов. Количество новых заказов на скоростные суда держится на стабильном уровне и имеет тенденцию к росту в ближайшие годы (рис. 3). Данное обстоятельство обусловлено стабильностью рынка скоростных перевозок.



зок и также связано с утилизацией отработавших свой ресурс судов, максимальный срок эксплуатации которых составляет около 25 лет. Максимальное количество таких судов приходится на 2018–2020 гг. [5].

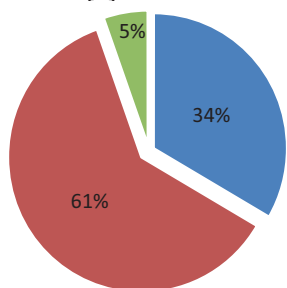


Рис. 2. Состав мирового пассажирского флота на начало 2017 г.

■ – пассажирские паромы; ■ – автопассажирские паромы; ■ – грузопассажирские паромы

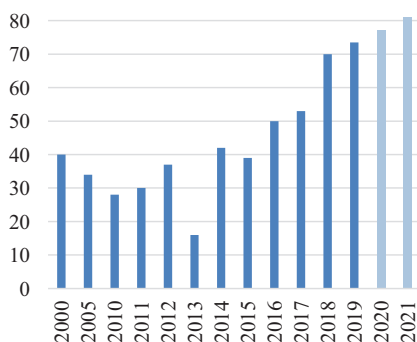


Рис. 3. Количество скоростных пассажирских судов в мире по годам

На начало 2019 г. выполняются заказы на более чем 70 скоростных пассажирских судов, 40% из которых строится в Великобритании, 20% в Австралии, остальные 40% делятся между Норвегией, азиатскими и остальными производителями (рис. 4) [8]. Почти все строящиеся суда являются водоизмещающими катамаранами. Исключение составляют некоторые крупные автопассажирские паромы и другие типы судов, которые выполняются однокорпусными либо по архитектурной схеме тримарана.

## ПРИМЕНЕНИЕ СКОРОСТНОГО ФЛОТА В РОССИИ

Основными регионами пассажирских перевозок России, согласно данным Росморречфлота, являются бассейны рек Северо-Западного и Центрального регионов – более 2 млн. человек ежегодно, Поволжья – около 1 млн. человек, Сибири – около 1 млн. человек, Дальнего Востока – около 0,8 млн. человек. Стоит отметить высокие показатели пассажирских перевозок в крупных городах. Например, согласно [10], в Санкт-Петербурге в 2018 г. скоростными судами было перевезено около 1 млн. пассажиров. Также актуальными являются пассажирские перевозки в акваториях Черного, Балтийского, Охотского

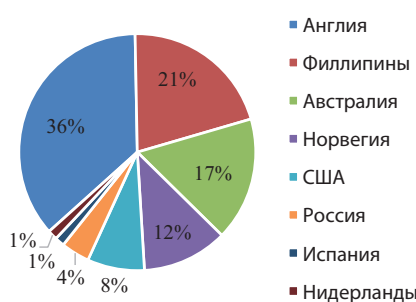


Рис. 4. Строительство скоростных пассажирских судов по регионам мира на 1-й квартал 2019 г.

и Японского морей, где имеется возможность международного пассажирского сообщения. Однако скоростные пассажирские перевозки водным транспортом России осуществляются в основном по внутренним водным путям. С их помощью реализуется преимущественно внутригородское либо пригородное сообщение [2]. Общая численность пассажирских перевозок по внутренним водным путям РФ составляет около 13 млн. человек ежегодно (рис. 5 и рис. 6), однако согласно [2] и [9], численность пассажирских перевозок снижается в течение последних нескольких лет.

Рассматривая скоростной флот России, стоит отметить, что за период 60–90-х гг. прошлого века на территории бывшего СССР было построено по приблизительным оценкам около 1500 скоростных пассажирских судов. Наиболее массовыми из них была суда проектов: 342 («Метеор»), 352 («Восход»), 340 («Ракета»), 17091 («Полесье»), 946 («Заря») и др.

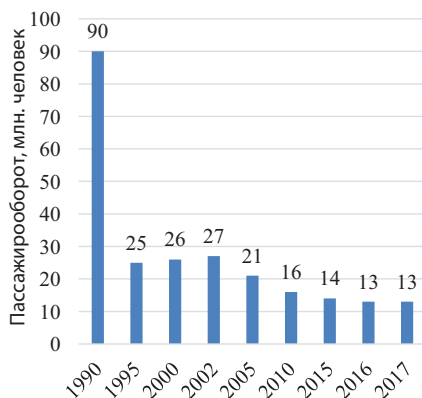


Рис. 5. Пассажирооборот водного транспорта РФ по годам

В настоящее время на водных путях РФ эксплуатируется около 10% этого количества (рис. 7 и рис. 8), что составляет приблизительно 150 судов. Средний же возраст данных скоростных пассажирских судов составляет около 35 лет, что превышает заложенный при проектировании ресурс примерно в 1,5–2 раза [11, 12]. Суммарное количество скоростных судов с учетом проектов, введенных в эксплуатацию после 2000 г., составляет около 200 ед.

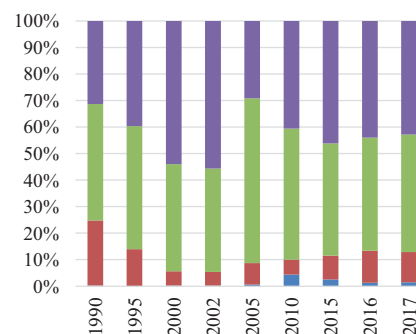


Рис. 6. Структура пассажирского водного транспорта РФ по годам

■ – городской; ■ – пригородный; ■ – междугородный; ■ – международный

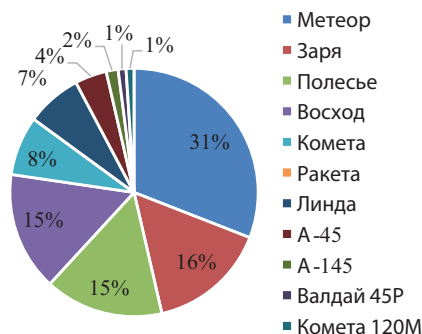


Рис. 7. Приблизительная структура пассажирского флота РФ на 2019 г.

|             | 1991 г. | 2019 г. |
|-------------|---------|---------|
| Всего       | 1454    | 194     |
| Комета 120М | 2       | 0       |
| Валдай 45Р  | 3       | 0       |
| А-145       | 8       | 0       |
| А-45        | 14      | 0       |
| Линда       | 389     | 0       |
| Ракета      | 166     | 15      |
| Комета      | 250     | 30      |
| Восход      | 114     | 30      |
| Полесье     | 300     | 30      |
| Заря        | 235     | 60      |
| Метеор      | 0       | 0       |

Рис. 8. Приблизительная численность скоростного пассажирского флота РФ на 2019 г.

Современные проекты скоростных пассажирских судов, такие, как А-45-1(2) «Лена», 23290, КС-162, 23180 и ряд других, призваны заменить устаревшие проекты, однако, как будет показано ниже, они уступают по техническим и эксплуатационным характеристикам не только зарубежным многокорпусным водоизмещающим аналогам, но и отечественным скоростным судам предыдущего поколения.

## АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПАССАЖИРСКИХ СКОРОСТНЫХ СУДОВ

Среди эксплуатируемых в наши дни скоростных пассажирских судов можно выделить три основных типа: судно на

подводных крыльях, глиссирующее судно, водоизмещающее судно. Для каждого из упомянутых типов судов характерны свои технические характеристики и эксплуатационные особенности. Способ движения судов первых двух типов, также называемыми судами с динамическим принципом поддержания, основан на действии подъемных гидродинамических сил, возникающих при определенных скоростях движения [13, 14]. В отличие от отечественной практики ниже в качестве относительной скорости судов используется число Фруда по длине. Суда с динамическим принципом движения применяются в основном при движении со скоростями  $Fn_L > (1,2-1,3)$ . Подобный способ движения использует эффект глиссирования (также называемый в некоторых зарубежных источниках эффектом планирования), который реализуется с помощью специальной формы корпуса либо крыльевого устройства. Способ движения судов третьего типа, также называемый в русскоязычной литературе переходным режимом ( $0,5 < Fn < 1,1$ ), при нормальных условиях обтекания слабо зависит от действия гидродинамических сил.

Согласно гидродинамической теории судна, воздействие вышеупомянутых сил на корпус скоростного судна начинается при  $Fn > 0,5$ , постепенно возрастая и достигая критических для водоизмещающего режима движения значений в районе  $Fn_L > 1,1$  [15]. Воздействие данных сил негативно сказывается на ходкости и мореходности классического водоизмещающего корпуса, значительно изменяя его дифферент и осадку при высоких значениях относительной скорости, нарушая планируемое обтекание жидкостью в носовой и кормовой частях, вызывает нежелательное волнообразование, особенно в носовой части корпуса, а также ряд других негативных явлений [15]. Стоит добавить, что данные гидродинамические явления индивидуальны для каждого водоизмещающего корпуса и могут проявляться в большей или меньшей степени в зависимости от его формы. Также они оказывают влияние на остаточное сопротивление корпуса  $R_r$ , вызывая его увеличение до момента развития глиссирования. Следствием также является увеличение полного сопротивления движению  $R_t$ . Отсюда возникает задача оптимизации/создания геометрии корпуса скоростного судна для получения стабильной картины обтекания и, соответственно, оптимальных значений полного сопротивления в пределах рассматриваемых значений числа Фруда  $Fn_L$ . Также актуальна задача минимизации волнового сопротивления корпуса судна, что также приведет к понижению значений полного сопротивления  $R_t$ .

При проектировании скоростного водоизмещающего судна основной задачей является выбор скоростного режима движения корпуса, от которого будет зависеть режим обтекания, полное сопротивление  $R_r$ , буксировочная мощность  $N_b$ . Как следует из графика на рис. 9, глиссирующее судно целесообразно применять при скоростях движения более  $Fn_L > 1,2$ . Развитие же глиссирования начинается при  $Fn_L > 1,3-1,4$  и может наблюдаться в основном на судах военного либо специального назначения, для которых характерны высокие скорости движения (оценочно: более 50 уз при длине судна до 40 м). Также для таких скоростей движения характерны высокие значения мощности ЭУ и расхода топлива для всех типов судов, что зачастую неприемлемо для пассажирского судна. СПК применяются в основном в диапазоне относительных скоростей  $0,9 < Fn < 1,2$  (см. рис. 9). Если указанные значения относительной скорости ниже, судно может не выйти на проектный режим движения из-за недостатка мощности ЭУ при наличии волнения, что объясняется характером графика сопротивления СПК по сравнению с водоизмещающим судном до значения  $Fn \approx 0,8$  (см. рис. 9). Водоизмещающее судно может успешно использоваться и иметь приемлемое полное сопротивление  $R_t$  при  $Fn_L < 1,1$ . В настоящее время большинство пассажирских скоростных судов имеют именно этот тип корпуса и режим движения.

Несмотря на заметное отличие в полном сопротивлении СПК в диапазоне значений  $Fn_L = 0,7-1,1$  от других типов судов, график буксировочной мощности демонстрирует меньшую разницу величинах (рис. 10). Это вызвано применением различных типов движителей в составе пропульсивного комплекса, характерных для каждого из типов судов, обладающих, как следствие, различными значениями пропульсивного КПД. Как правило, СПК оснащаются частично погруженными гребными винтами, КПД которых ниже, чем полностью погруженных гребных винтов. Глиссирующие суда часто оснащаются водометами, поскольку по мере выхода на режим эксплуатационной скорости меняется дифферент судна, что нежелательно для использования винта. На водоизмещающем судне может успешно применяться и водомет, и полностью погруженный гребной винт. Графики рис. 10 построены с расчетом того, что на СПК будет использован частично погруженный гребной винт, на глиссирующем судне – водомет, на водоизмещающем судне – полностью погруженный гребной винт. Значения КПД движителей условно приняты равными 0,6, 0,6 и 0,7 соответственно с це-

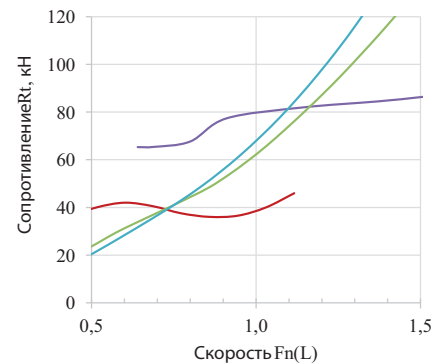


Рис. 9. Полное сопротивление движению

— судно на подводных крыльях (СПК), — глиссирующее судно (ГС), — водоизмещающее судно (BC1), — BC2

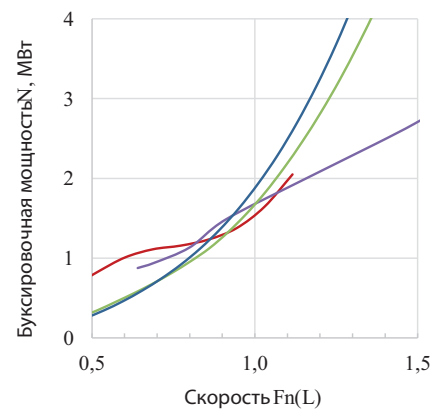


Рис. 10. Буксировочная мощность скоростных судов

— судно на подводных крыльях (СПК), — глиссирующее судно (ГС), — водоизмещающее судно (BC1), — BC2

лю показать принципиальную разницу между применяемыми движителями, характерными для скоростных типов судов, что влияет на значение мощности энергетической установки. Из графика рис. 10 также видно, что разница между значениями мощности различных типов судов, необходимой для движения в диапазоне скоростей  $Fn_L = (0,8-1,1)$ , невелика. Поэтому в вышеуказанном диапазоне скоростей возможно применение всех типов судов и режимов движения. Однако водоизмещающее судно по сравнению с глиссирующим судном и СПК позволяет достичь вышеуказанного диапазона скоростей без дополнительных конструктивных особенностей корпуса в виде крыльевого устройства, интерцепторов, редана и т.д. Помимо этого, водоизмещающий корпус может использоваться в более широком диапазоне скоростей, имеет меньшую осадку, позволяет применять различные типы движителей, более технологичен в производстве и ремонте. Вышеуказанные особенности дают водоизмещающему судну заметное преимущество в эксплуатации в вышеуказанном диапазоне относительных скоростей.

Скоростные пассажирские суда

| Водоизмещающие суда (ВС) |      | Суда на подводных крыльях (СПК) |      | Глиссирующие суда (ГС) |      |
|--------------------------|------|---------------------------------|------|------------------------|------|
| Проект                   | Год  | Проект                          | Год  | Проект                 | Год  |
| 946, Р-83 «Заря»         | 1964 | 340 «Ракета»                    | 1957 | 14200 «Линда»          | 1991 |
| CD 342                   | 2010 | 342 МЭ «Комета»                 | 1961 | A 45-1                 | 2006 |
| PM 1800                  | 2011 | 342Э «Метеор»                   | 1961 | 05520 «Вега»           | 1999 |
| Austral 41               | 2012 | 1709Р «Беларусь»                | 1965 | Superfoil 40           | 2002 |
| KC-162                   | 2014 | 352 «Восход-2»                  | 1974 | A-145                  | 2011 |
| Red Jet 6                | 2016 | Boeing 929 «Jetfoil»            | 1976 |                        |      |
| 23290 «Грифон»           | 2017 | RHS 70                          | 1977 |                        |      |
| 2407 Damen Water Bus     | 2017 | 17091 «Полесье»                 | 1983 |                        |      |
| Brødrene «Jin Zhu Hu»    | 2017 | 10390 «Колхида»                 | 1983 |                        |      |
| Incat Hull 095           | 2017 | 03525 «Ласточка»                | 1986 |                        |      |
| Incat Hull 092           | 2017 | 14600 «Олимпия»                 | 1993 |                        |      |
| Austral PE 30            | 2017 | Foilcat                         | 1995 |                        |      |
| Red Jet 7                | 2019 | 23160 «Комета 120М»             | 2017 |                        |      |
| Venus Clipper            | 2019 | 23180 «Валдай 45Р»              | 2018 |                        |      |

Далее для сравнения технических и эксплуатационных показателей рассматривались скоростные пассажирские суда, представленные в таблице. Некоторые их проектные и технические характеристики приведены на рис. 11–16.

Как следует из рис. 11–14, длина глиссирующих судов и судов на подводных крыльях увеличивается в среднем более интенсивно по мере увеличения водоизмещения по сравнению с водоизмещающими аналогами. Данный факт объясняется архитектурными особенностями корпуса и надстройки: СПК выполняются в основном однокорпусными и однопалубными, тогда как водоизмещающие суда почти всегда являются катамаранами и зачастую имеют две палубы для размещения пассажиров. Исключения составляют суда проектов Foilcat и Jetfoil, для которых характерна нестандартная архитектура корпуса и пассажирского салона. Применение нескольких корпусов позволяет увеличить площадь палубы, что положительно сказывается на размещении и компоновке пассажирского салона.

Также СПК обладают большей осадкой по сравнению с водоизмещающими и глиссирующими аналогами. Это объясняется габаритными размерами и положением крыльевого устройства при движении судна и расположением движителя. Данные особенности конструкции не позволяют использовать СПК на мелководных маршрутах в отличие от водоизмещающих судов. Зависимость пассажировместимости СПК прямо пропорциональна водоизмещению судна, хотя водоизмещающие аналоги при росте водоизмещения демонстрируют большую пассажировместимость на единицу водоизмещения, что можно объяснить наличием больших полезных площадей палубы. На рис. 15 и рис. 16 представлена зависимость гидродинамического и пропульсивного качества от скорости движения судна. Из представленных

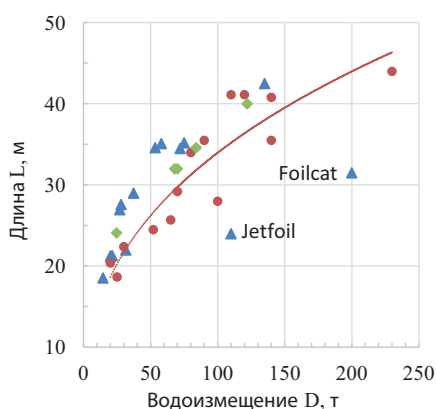


Рис. 11. Зависимость длины судна от водоизмещения

▲ – СПК, ● – ВС, ◆ – ГС

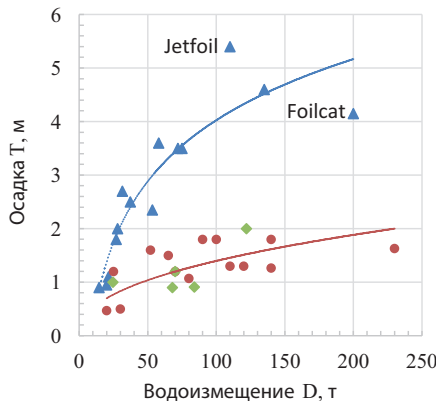


Рис. 12. Зависимость осадки судна от водоизмещения

▲ – СПК, ● – ВС, ◆ – ГС

диаграмм следует, что диапазон скоростей движения находится в основном в пределах 16–20 м/с, что соответствует  $F_{nL}$  (0,9–1,3) для СПК и глиссирующих судов. Для водоизмещающих судов этот диапазон шире и составляет преимущественно 12–23 м/с для  $F_{nL}$  (0,6–1,1). В среднем гидродинамическое качество равно 11–12 для СПК и 10–15 для других типов судов. Приведенные значения гидродинамического качества позволяют сделать вывод, что водоизмещающее судно может

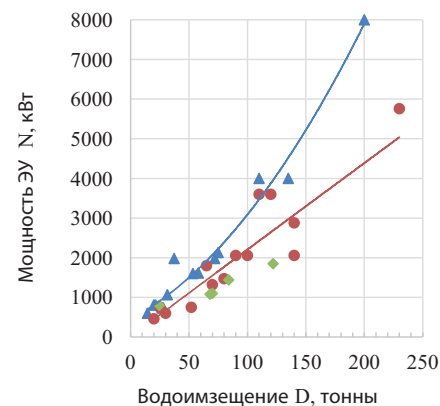


Рис. 13. Зависимость мощности ЭУ от водоизмещения судна

▲ – СПК, ● – ВС, ◆ – ГС

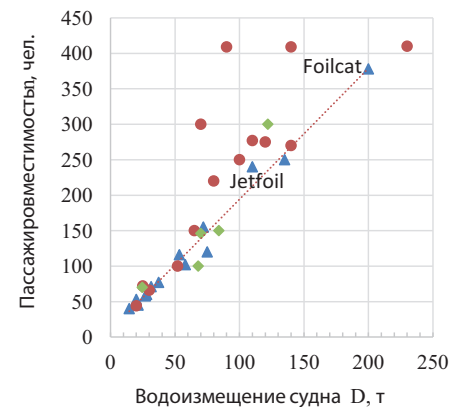


Рис. 14. Зависимость пассажировместимости судна от водоизмещения

▲ – СПК, ● – ВС, ◆ – ГС

конкурировать с СПК в диапазоне скоростей 15–20 м/с и более, обладая при этом более высоким пропульсивным качеством (рис. 16), что, несомненно, является преимуществом и говорит о более рациональном расходовании мощности ЭУ на движение. Стоит отметить высокие значения гидродинамического и пропульсивного качества при высоких скоростях для водоизмещающего судна Austral 41, многокорпусного СПК Foilcat, судна проекта Superfoil 40 – глиссирующего



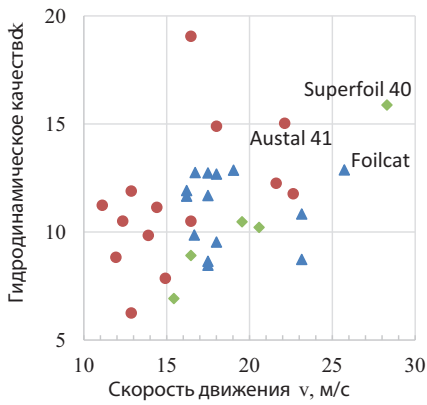


Рис. 15. Гидродинамическое качество скоростных судов  
▲ – СПК, ● – ВС, ◆ – ГС

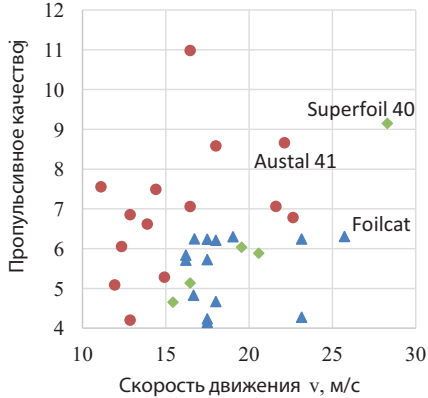


Рис. 16. Пропульсивное качество скоростных судов  
▲ – СПК, ● – ВС, ◆ – ГС

катамарана с подводным крылом в носовой части. Однако, как говорилось выше, при данных значениях скорости из перечисленных судов лишь водоизмещающее будет обладать наиболее приемлемыми техническими и эксплуатационными характеристиками, что косвенно подтверждается массовым производством компанией Austal судов такого типа.

Таким образом, в результате сравнения технических характеристик судов разных типов можно сделать вывод о том, что скоростные суда с водоизмещающим способом движения обладают большей пассажировместимостью на единицу водоизмещения, требуют меньше мощности ЭУ и могут быть использованы в более широком диапазоне относительных и абсолютных скоростей, обладают более высоким пропульсивным качеством, следовательно, требуют меньше мощности для движения с заданной скоростью по сравнению с СПК и глиссирующими судами.

Для дальнейшего анализа некоторых эксплуатационных характеристик скоростных пассажирских судов, использующих различные способы движения, но выполняющих одинаковую функцию – перевозку пассажиров с заданной скоростью – необходимо выбрать показатели, по которым можно бы было определить наиболее эффективные из них. В качестве одной из основных характеристик

скоростного судна можно рассматривать полное сопротивление  $R_t$  при движении на расчетной скорости. Также к показателям эффективности можно отнести: пассажировместимость  $n$ , скорость движения  $v$ , гидродинамическое качество  $k$ , пропульсивное качество  $j$ , расход топлива  $G$ , транспортную работу  $T_t$ . Очевидно, что для сравнения можно выбрать гораздо большее количество показателей, однако вышеуказанные, по мнению автора, являются наиболее общими и относятся к главной функции рассматриваемых судов до их подробного сравнения по экономическим показателям на конкретных пассажирских маршрутах.

Пассажировместимость  $n$  характеризует использование судном полезной нагрузки в виде пассажиров и в первую очередь оказывает влияние на главные размерения судна. Выбор ее значения при проектировании происходит на основе параметров судов-аналогов, эксплуатируемых на аналогичных маршрутах, и зависит в основном от интенсивности пассажиропотока и протяженности заданного маршрута. Архитектура корпуса оказывает существенное влияние на величину пассажировместимости.

Скорость  $v$  – один из основных проектных и технических показателей для скоростного судна, определяющим время нахождения судна в пути. Определяющими факторами при назначении эксплуатационной скорости пассажирского судна могут выступать ограничения по полному сопротивлению корпуса и, соответственно, потребной мощности ЭУ, запасам топлива, протяженности маршрута.

Транспортный момент характеризует интенсивность перемещения полезной нагрузки:

$$T_t = v \cdot n,$$

где  $v$  – скорость движения судна, м/с;  $n$  – пассажировместимость, чел.

От величины гидродинамического качества  $k$  зависит количество энергии, т.е. объем топлива, затраченной на перемещение судна определенного водоизмещения с заданной скоростью. Гидродинамическое качество характеризует совершенство формы корпуса, его энергоэффективность:

$$k = \frac{D}{R_t},$$

где  $D$  – водоизмещение судна, т;  $R_t$  – полное сопротивление, т.

Пропульсивное качество  $j$  характеризует эффективность движения судна с учетом КПД пропульсивного комплекса:

$$j = \eta \cdot k; \quad \eta = \eta_m \cdot \eta_p \cdot \eta_k,$$

где  $\eta$  – пропульсивный КПД,  $k$  – гидродинамическое качество,  $\eta_m$  – механический КПД валолинии,  $\eta_p$  – КПД движителя,  $\eta_k$  – коэффициент взаимодействия движителя с корпусом судна.

Расход топлива  $G$  определяет экономичность и, как следствие, рентабель-

ность судна; является показателем, зависящим преимущественно от мощности ЭУ, которая, в свою очередь, зависит от водоизмещения и скорости движения судна.

Стоит отметить, что вышеперечисленные показатели по отдельности не позволяют комплексно оценить эффективность действия судна на заданном маршруте. Для сравнения эффективности судов необходимо ввести общий показатель, который всесторонне характеризовал бы энергетическую и транспортную эффективность судна. Таким показателем, например, может быть энергоемкость  $E$ , представляющая собой зависимость

$$E = \frac{N_e \cdot s}{v} = N_e \cdot t \quad [\text{кВт} \cdot \text{ч}],$$

где  $N_e$  – эффективная мощность, кВт;  $s$  – пройденное расстояние, км;  $v$  – скорость движения, км/ч;  $t$  – время в пути, ч.

Показатель  $E$  описывает количество энергии, затраченной на перемещение судна с эксплуатационной скоростью на заданную дистанцию. Его эквивалентом может выступать расход топлива  $G$ :

$$G = g_e \cdot E \quad [\text{кг}],$$

где  $g_e$  – удельный эффективный расход топлива двигателя,  $\frac{\text{кг}}{\text{кВт} \cdot \text{ч}}$ ;  $E$  – энергоемкость, кВт·ч.

Для определения транспортных качеств судна требуется воспользоваться относительными величинами энергоемкости и расхода топлива. Величиной, характеризующей транспорт полезного груза, будут являться перевозимые пассажиры:

$$e = \frac{N_e \cdot s}{v \cdot n} \frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{\text{пасс}},$$

где  $n$  – количество пассажиров.

$$g = \frac{G}{n} \quad \text{кг/пасс},$$

где  $G$  – расход топлива, кг.

Далее для каждого из судов из табл. 1 были подсчитаны величины  $E$ ,  $G$ ,  $e$ ,  $g$ . Подразумевалось, что судно полностью использует номинальную мощность двигателя  $N_e$  для движения с эксплуатационной скоростью. Удельный эффективный расход топлива был принят для всех судов одинаковым и составил 0,21 кг/кВт·ч, что является адекватным показателем для современных высокооборотных дизельных двигателей. В действительности значения удельного эффективного расхода топлива будут различными из-за отличий в марке двигателя и, соответственно, его эксплуатационных характеристик. Также автор исходил из предположения, что суда будут двигаться по акватории без волнения, т.е. с эксплуатационной (расчетной) скоростью. При наличии волнения судно не сможет двигаться с эксплуатационной скоростью из-за дополнительного сопротивления движению. Стоит

также отметить, что в оценочном расчете эффективности сделано допущение о применении судна на условном маршруте, который в действительности может отличаться от планируемого по общему расстоянию. От этого могут зависеть конкретные требования к техническим характеристикам, таким как скорость движения судна, пассажироместность, автономность плавания, осадка и др. Для сравнения эффективности судов разных типов, применяемых на конкретном маршруте, необходим детальный технико-экономический расчет.

Далее по результатам оценочного расчета была построена диаграмма (рис. 17). Как следует из нее, примерно двукратное преимущество в энергоэффективности на одного пассажира перед глиссирующими судами и судами на подводных крыльях в диапазоне скоростей 25–43 уз получают многокорпусные водоизмещающие суда, представленные фирмами Austal и Incat. Это объясняется высоким гидродинамическим качеством корпуса при движении с заданной скоростью, более высокими значениями пропульсивного КПД и большей пассажироместности водоизмещающего судна на единицу водоизмещения судна. Вышеуказанное преимущество выражается меньшим расходом топлива при заданной скорости движения, что означает снижение затрат на эксплуатацию, более быструю окупаемость судна и делает водоизмещающие скоростные суда наиболее приемлемыми для скоростных перевозок пассажиров. Полученные выводы согласуются с выводами, полученными в [12].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На текущий момент перевозка пассажиров водным транспортом остается актуальной транспортной задачей. Для ее решения широко применяются скоростные пассажирские суда, которые являются современным активно развивающимся видом пассажирского транспорта. В настоящее время объем скоростных перевозок и объем производства скоростных судов в мире имеют тенденцию к росту. Это обусловлено увеличением количества новых пассажирских сообщений, заменой судов, исчерпавших свой эксплуатационный ресурс, высокой конкурентоспособностью скоростного судна по сравнению с другими объектами пассажирского транспорта. В подавляющем большинстве случаев современные пассажирские скоростные перевозки осуществляются с помощью водоизмещающих многокорпусных судов. В основном многокорпусное пассажирское судно представляет собой водоизмещающий катамаран. Вышеуказанный способ движения и архитектурный тип корпуса позволяют пассажирскому судну получить приемлемые показатели энергоэффективности, предоставляют

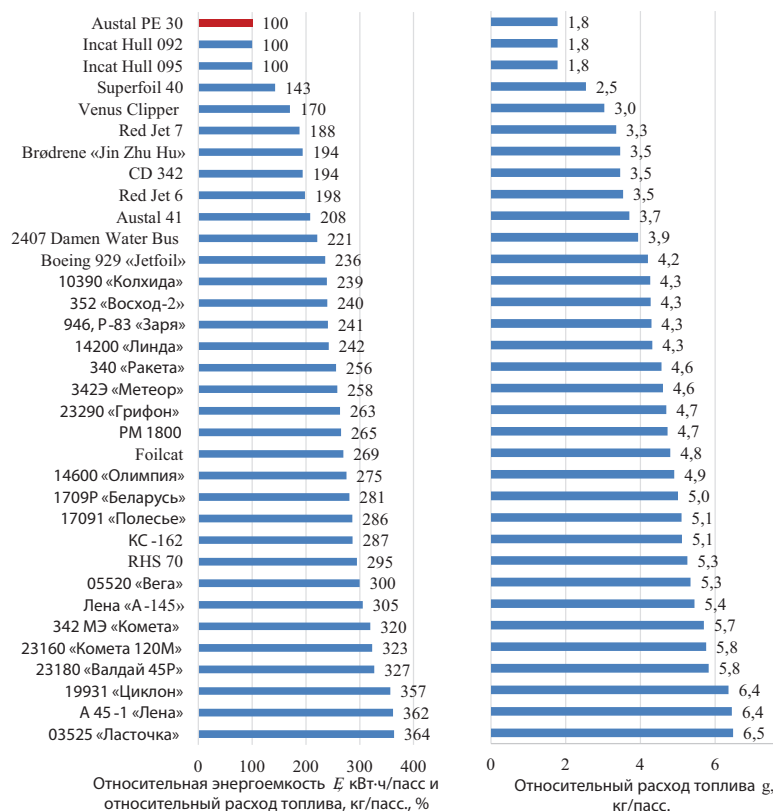


Рис. 17. Энергоэффективность скоростных судов при длине маршрута 100 км

в определенных условиях преимущества при эксплуатации по сравнению с судами на подводных крыльях и глиссирующими судами. Исходя из вышесказанного, технически и экономически перспективным решением является применение водоизмещающих катамаранов для скоростных пассажирских перевозок.

## ЛИТЕРАТУРА

1. The EU maritime transport system: focus on ferries [Electronical resource] / Mark Brambila, Angelo Martino // European Parliament. – 2016. – 108 p. – [http://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document.html?reference=IPOOL\\_STU%282016%29573423](http://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document.html?reference=IPOOL_STU%282016%29573423) (дата обращения 02.08.2019).
2. Транспорт в России. 2018: Стат. сб. / Росстат. – М., 2018. – 101 с.
3. The ferries. About Bornholmslinjen [Electronical resource] / Molslinjen AB. – 2019. – <https://www.bornholmslinjen.com/about-bornholmslinjen/the-ferries/> (дата обращения 01.08.2019).
4. Fast Ferry International [Electronical resource]; [electronical database] / Fast Ferry International. – 2003–2019. – <http://www.fastferryinfo.com/> (дата обращения 01.08.2019).
5. Shippax [Electronical resource]; [electronical database] / Shippax AB. – <https://www.shippax.com/> (дата обращения 01.08.2019).
6. Market indicator No. 8 – Cruiseships & Ferries [Electronical resource] / Danish maritime. – 2018. – 2 p. – <https://danskemaritime.dk/wp-content/uploads/2017/04/Danske-Maritime-Market-indicator-cruise-ferries-062018.pdf> (дата обращения 02.08.2019).
7. Market forecast report [Electronical resource] / SEA Europe. – 2018. – [- Report.pdf \(дата обращения 06.08.2019\).
  8. Fast ferries: boom times are here to stay // Passenger Ship Technology. – 2019. – №1. – P. 26 – 27.
  9. Перевозки грузов и пассажиров \[Электронный ресурс\] / Фед. агенство мор. и реч. транспорта. – 2018. – \[http://www.morflot.ru/deyatelnost/napravleniya-deyatelnosti/rechnoy\\\_flot/vvt/perevozki\\\_gruzov\\\_i\\\_passajirov.html\]\(http://www.morflot.ru/deyatelnost/napravleniya-deyatelnosti/rechnoy\_flot/vvt/perevozki\_gruzov\_i\_passajirov.html\) \(дата обращения 01.08.2019\).
  10. Морской транспорт \[Электронный ресурс\]: отраслевая статистика / СПбГКУ // «Агентство внешнего транспорта». – 2018. – 14 ноября. – <http://www.transportno-logisticheskij-kompleks-sankt-peterburga/otraslevaja-statistika/> \(дата обращения 01.08.2019\).
  11. Соколов В.П. Актуальные проблемы развития скоростного пассажирского флота для внутренних водных путей и прибрежных морских линий РФ \[Электронный ресурс\] // ООО «РА Корабел.ру». – 2014. – 03 октября. – \[https://www.korabel.ru/news/comments/aktualnye\\\_problemy\\\_razvitiya\\\_skorostnogo\\\_passazhirskogo\\\_flota\\\_dlya\\\_vnutrennih\\\_vodnyh\\\_putey\\\_i\\\_pribrezhnyh\\\_morskih\\\_linij\\\_rf.html\]\(https://www.korabel.ru/news/comments/aktualnye\_problemy\_razvitiya\_skorostnogo\_passazhirskogo\_flota\_dlya\_vnutrennih\_vodnyh\_putey\_i\_pribrezhnyh\_morskih\_linij\_rf.html\) \(дата обращения 01.08.2019\).
  12. Соколов В.П. Новые типы пассажирских судов для рек Сибири и Дальнего Востока // Транспорт Российской Федерации. – 2015. – №1\(56\). – С.65 – 66.
  13. De Groot D. Resistance and propulsion of motor – boats // International shipbuilding progress. – 1955. – Vol. 2. – № 6. – P. 61 – 77.
  14. Van Oossanen P. Resistance prediction of small high-speed displacement vessels: state of the art // International shipbuilding progress. – 1980. – Vol. 27. – № 313. – P. 212 – 224.
  15. Lindgren H., Williams Ake. Systematic tests with small, fast displacement vessels, including a study of the influence of spray strips. // Publications of the Swedish state shipbuilding experimental tank. – Göteborg: Scandinavian university books. – 1969. – № 65. – 52 p. ■](https://danskemaritime.dk/wp-content/uploads/2017/04/2018-Market-Forecast-</a></li>
</ol>
</div>
<div data-bbox=)

**Н**авигационный секстан – это оптический угломерный прибор, предназначенный для измерения высот небесных светил, а также горизонтальных и вертикальных углов между береговыми ориентирами с целью определения географических координат наблюдателя. Конвенции Международной морской организации (ИМО) и Правила Российского морского регистра судоходства обязывают судоводительский состав владеть методами классической мореходной астрономии.

В течение нескольких столетий принцип измерения величины угла между двумя видимыми объектами и конструкция секстана не менялись. При использовании традиционного секстана необходимо участие двоих: собственно наблюдателя и его помощника, ведущего контроль времени и запись результатов измерений. Кроме того, для преобразования угловых величин в координаты места необходимо выполнить ряд вычислений с использованием специальных таблиц, далее нанести на планшет линии положения и только после этого можно получить координаты места. Даже опытный специалист тратит на определение обсервованных координат от 10 до 20 минут. С появлением программируемых микрокалькуляторов в 80-е гг. прошлого столетия были разработаны программы, позволившие ускорить процесс вычислений. В последние годы стремительное развитие цифровой вычислительной техники и электронной компонентной базы позволило создать навигационный секстан в новом облике.

Новое устройство, совмещающее классический секстан, электронный датчик и электронно-вычислительный блок, позволяет одному человеку произвести измерение угловых величин, зафиксировать гринвичское время и отсчет секстана на момент наблюдений и, введя предварительные данные в вычислительный блок, получить географические координаты места.

Принципиальным отличием электронного навигационного секстана от традиционного являются закрепленные в верхней части рамы вычислительный блок и электронный датчик угла поворота. Измерение высоты небесного светила секстаном основано на определении угла между плоскостью горизонта и направлением на светило. При проведении измерений электронный датчик угла поворота передает показания измеренной высоты в вычислительный блок. Расчет обсервованных координат производит программное обеспечение, содержащее альманах с эфемеридами основных небесных светил. Электронный навигационный секстан, как и традиционный, требует от судоводителя определенных практических навыков и своевременной выверки прибора.

В числе преимуществ электронного навигационного секстана можно отметить:

- расчет обсервованных координат производится в кратчайший срок;
- исключаются ошибки при ведении табличных расчетов;
- в момент снятия отсчета секстана гринвичское время и отсчет лага автоматически записываются в память вычислительного блока.

В числе его недостатков – увеличенный относительно традиционного секстана вес, необходимость проведения дополнительной выверки, сличения показаний отсчета механической шкалы секстана с показаниями вычислительного блока, а также необходимость калибровки электронного датчика и периодического обновления программного обеспечения для поддержания астрономического альманаха в актуальном состоянии.

Во время выставки «Нева–2019» АО «Морские навигационные системы» и фирма «Cassens & Plath», Германия, договорились о совместной доработке существующего прототипа электронного навигационного секстана. Данная доработка позволит существенно уменьшить вес секстана и предоставит дополнительный функционал сопряжения с различными пот-

## ЭЛЕКТРОННЫЙ НАВИГАЦИОННЫЙ СЕКСТАН

*П.О. Астахов, вед. инженер,  
Ф.В. Кузин, руководитель направления, АО «МНС»,  
контакт. тел. (812) 320 3840*



*Электронный навигационный секстан*

ребителями навигационной информации, а также добавит возможность передачи обсервованных координат непосредственно в электронно-картографическую навигационно-информационную систему (ЭКНИС). Способ передачи данных в настоящее время является предметом проработки. Таким образом, АО «МНС» и фирма «Cassens & Plath» создают практически новый весьма востребованный прибор.

Для упрощения задачи подготовки к астрономическим наблюдениям в сумерки программное обеспечение ЭКНИС содержит карту звездного неба, которая привязана к району плавания и предоставляет штурману выбор оптимальных азимутов и высот небесных светил. Сопряжение секстана с электронной картографической системой позволит получить обсервованные координаты места непосредственно на электронной карте и в последующем оперативно проводить оценку навигационной обстановки в районе плавания.

Вследствие широкого развития и использования глобальных навигационных спутниковых систем в настоящее время навигационный секстан используется лишь как резервное средство определения местоположения, тем не менее при отсутствии радиотехнических устройств остается единственным средством определения координат судна в открытом море. В приполюсных районах определение координат места по спутниковым системам затруднено, а точность его существенно снижается. Усилия России по активизации судоходства по Северному морскому пути, в Арктическом и Дальневосточном бассейнах заставляют вспомнить незаслуженно пренебрегаемые методы определения места судна. Именно поэтому оснащение судов электронными навигационными секстанами приобретает более значимую актуальность. Наряду с этим поддержание практических навыков и умения пользоваться навигационным секстаном также находится в числе приоритетных задач, решаемых судоводителями. Считаем, что исключение рутинных вычислений при использовании электронного навигационного секстана поможет судоводителям повысить свои профессиональные навыки и обеспечит навигационную безопасность плавания.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Матусевич Н.Н. Основы мореходной астрономии. – М.: ГУНиО, 1956.
2. Красавцев Б.И. Мореходная Астрономия. – М.: Транспорт, 1986. ■



○ обеспечение безопасности человека от чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного и техногенного характера является одним из приоритетных направлений государственной политики в сфере общественной и национальной безопасности РФ и одной из основных задач Единой государственной системы предупреждения и ликвидации ЧС [1, 2].

На решение задач в области обеспечения безопасности людей на водных объектах направлен Указ Президента Российской Федерации от 16 октября 2019 г. № 501 «О Стратегии в области развития гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечения пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах на период до 2030 года» [3].

Санкт-Петербург – один из самых динамично развивающихся регионов России. Обеспечение безопасности более чем пяти миллионов жителей – необходимое условие соблюдения их законных прав и свобод, эффективного функционирования системы управления, экономики, городского хозяйства, транспорта и связи, сохранения на необходимом уровне параметров среды обитания, развития социальной и духовной сфер общества.

В административных границах Санкт-Петербурга протекают 64 реки, 48 каналов, 34 ручья общей протяженностью 555,5 км, в том числе непосредственно в черте города 40 рек, рукавов, протоков и каналов общей протяженностью 217,5 км. Кроме того, на территории Санкт-Петербурга расположено 106 внутренних водоемов, площадь каждого составляет более 1 га.

На территории Санкт-Петербурга имеется более 70 мест массового отдыха населения на водных объектах, в том числе 24 оборудованных пляжа, общая протяженность которых составляет около 36 км.

Обилие водных объектов Санкт-Петербурга привлекает к себе множество туристов, судоводителей маломерных судов и любителей отдыха.

В летний период в отдельные выходные и праздничные дни на пляжах и в местах массового отдыха на водных объектах Санкт-Петербурга одновременно могут находиться до 370–400 тыс. отдыхающих, а в период лова корюшки только на лед Финского залива ежедневно выходит до 10–15 тыс. рыбаков и выезжает до 250–300 транспортных средств.

В период навигации по водным объектам города осуществляют плавание порядка 145 тыс. маломерных судов жителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области.

Еще около 200 пассажирских и прогульно-экскурсионных судов совер-

## О НЕОБХОДИМОСТИ ПРИНЯТИЯ КОНЦЕПЦИИ ПРИНЯТИЯ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ НА ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

**О.И. Аришина**, председатель Комитета по вопросам законности, правопорядка и безопасности Санкт-Петербурга,

**Ю.Л. Данчук**, начальник СПб ГКУ «Поисково-спасательная служба Санкт-Петербурга»,

**Л.А. Промыслов**, первый вице-президент,

**В.Н. Илюхин**, председатель секции «Поисково-спасательная техника и технологии», НТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова, контакт. тел. (812) 576 7970, 335 7834, 315 5027, 927 8501

Таблица 1

Показатели деятельности ПСС Санкт-Петербурга

| Вид помощи (работы)           | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015   | 2016 | 2017   | 2018   |
|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|--------|------|--------|--------|
| Выезды к месту ЧС             | 1091 | 2228 | 4564 | 6000 | 6882 | 8775 | 12 603 | 9761 | 10 027 | 11 555 |
| Оказана помощь людям          | 201  | 633  | 687  | 950  | 906  | 1110 | 1410   | 1384 | 1131   | 1394   |
| Спасено                       | 151  | 291  | 205  | 150  | 193  | 246  | 167    | 183  | 52     | 140    |
| Погибло людей (извлечено тел) | 137  | 149  | 123  | 112  | 148  | 103  | 61     | 52   | 49     | 86     |

шают круглосуточные перевозки пассажиров по рекам и каналам Санкт-Петербурга.

Ежегодно количество граждан – любителей отдыха на воде увеличивается на 6–8%, а количество маломерных судов растет на 5–7% в год. В выступлении губернатора Санкт-Петербурга А.Д. Беглова на прошедшей с 9 по 13 сентября 2019 г. XXIII сессии Генеральной ассамблеи Всемирной туристской организации сказано о планируемом в ближайшей перспективе увеличении потока иностранных туристов в 1,5 раза [4]. В связи с открытием внутренних водных путей РФ для плавания судов под иностранным флагом количество отдыхающих на воде будет увеличиваться.

Таким образом, объективно существующее положение дел требует постоянного повышенного внимания к обеспечению безопасности на водных объектах.

В настоящее время состояние системы безопасности на водных объектах в Санкт-Петербурге характеризуется как нестабильное. Об этом свидетельствуют статистические данные деятельности СПб ГКУ «Поисково-спасательная служба Санкт-Петербурга» (ПСС СПб), за период с 2009 по 2018 г. (табл. 1):

Средний показатель гибели на 100 тыс. населения составляет 1,9–2,0. Это значительно превышает показатели многих зарубежных стран, так, в Канаде – 0,6–0,9; в Италии – 0,6–0,9; в Германии – 0,4–0,5; в Нидерландах – 0,4–0,5.

Анализ гибели людей в 2009–2018 гг. показывает, что более 70% людей погиб-

ло при купании в необорудованных местах, т.е. вне территории официальных городских пляжей.

Недостаточно эффективная система предупреждения и предотвращения купания граждан на необорудованных пляжах приводит к неоправданно большому числу погибших людей на водных объектах, а именно:

- 75-80% из числа всех погибших из-за нарушения правил купания;
- около 20% случаев гибели людей на воде происходит по причине неумения плавать. Среди этих погибших – до 12% детей;
- до 4% из числа всех погибших при эксплуатации маломерных судов включая и зимний период на льду.

Следует отметить, что в состав системы обеспечения безопасности на водных объектах Санкт-Петербурга входят:

- СПб ГКУ «Поисково-спасательная служба Санкт-Петербурга»;
- ФКУ «Центр ГИМС МЧС России по г. Санкт-Петербургу»;
- Морской спасательно-координационный центр (МСКЦ) «Санкт-Петербург»;
- ФБУ «Администрация Волго-Балтийского бассейна внутренних водных путей»;
- ФГБУ «АМП Балтийского моря»;
- Северо-Западное управление государственного морского и речного надзора Федеральной службы по надзору в сфере транспорта;
- Балтийский филиал ФГБУ «Морспасслужба» России;

- Дежурные авиационные силы и средства Росавиации и авиационно-спасательного центра (АСЦ) МЧС России;
- Межрегиональная Санкт-Петербургская городская и Ленинградская областная общественные организации «Всероссийское общество спасания на водах» (ВОСВОД);
- Региональная общественная организация «Добровольная морская спасательная служба «Кронштадт»;
- Комитет по вопросам законности, правопорядка и безопасности (КВЗПБ);
- Комитет по транспорту;
- Управление водного транспорта СПб ГКУ «Агентство внешнего транспорта»;
- Комитет по развитию туризма.

На рис. 1 показана схема взаимодействия государственных учреждений по обеспечению безопасности людей на воде.

Ключевым элементом системы обеспечения безопасности на водных объектах Санкт-Петербурга является ФГКУ ПСС Санкт-Петербурга, которая была создана в соответствии с Постановлением Правительства Санкт-Петербурга от 10 декабря 2008 г. № 1536 для выполнения следующих основных задач:

- ликвидация ЧС межмуниципального и регионального характера, стихийных бедствий, эпидемий и их последствий, реализация мероприятий, направленных на спасание жизни и сохранение здоровья людей при ЧС, в том числе на водных объектах;
- подготовка и содержание в готовности необходимых сил и средств для защиты населения и территорий от ЧС, в том числе для обеспечения безопасности людей на водных объектах;
- осуществление поиска и спасания людей во внутренних водах.

Ежегодно только спасателями ПСС Санкт-Петербурга оказывается помощь нескольким десяткам маломерных судов, так, в прошедшем 2018 г. было спасено и оказана помощь экипажам 69 маломерных судов, в 2017 г. – 49, в 2016 г. году – 60.

Имеющееся в настоящее время количество спасательных станций (СПС) и их расположение (рис. 2) не отвечают современным требованиям, что влечет за собой увеличение времени оперативного реагирования на водных объектах и, как следствие, рост гибели людей и повышение риска возникновения ЧС. Кстати, в начале 70-х гг. в Ленинграде насчитывалось на 11 СПС больше при меньшей на 1 млн. человек численности населения.

На каждую СПС, в среднем приходится 40,5 км<sup>2</sup> водной акватории. В соответствии с произведенными рас-

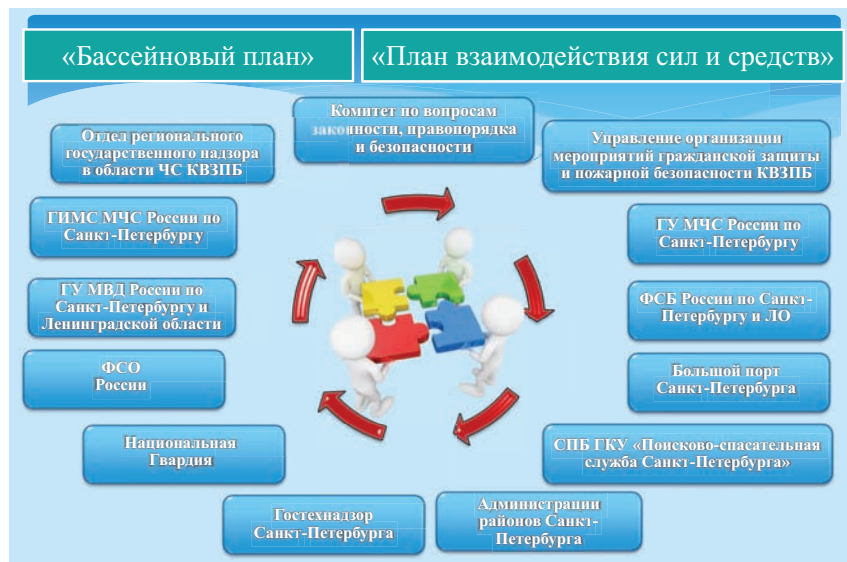


Рис. 1. Схема взаимодействия государственных учреждений по обеспечению безопасности людей на воде

четами стоит вопрос о необходимости строительства дополнительных СПС и модернизации спасательной инфраструктуры.

Особенно сложное положение дел на р. Нева, на которой есть только две СПС, расположенные вблизи устья реки. На остальных 35 км акватории Невы вверх по течению от Троицкого моста и до административной границы Санкт-Петербурга в Колпинском районе СПС отсутствуют.

Нет постоянных спасательных станций на 9 из 24 официальных городских пляжей. На них в период купального сезона выставляются сезонные спасательные посты (ССП), как правило, из числа спасателей ПСС. Они не отвечают требованиям времени и представляют собой гребную спасательную лодку с одним спасателем без специального помещения и причала.

Отсутствуют спасательные посты на базах для стоянки маломерных судов и в местах массового отдыха населения на водных объектах Санкт-Петербурга.

На сегодняшний день отсутствует нормативная база по привлечению общественных спасательных организаций к обеспечению безопасности людей на водных объектах города и в первую очередь, в местах массового стихийного отдыха граждан. Так, последний общественный спасательный пост был развернут ВОСВОД в 2015 г.

В то же время, например, в 1964 г. к оказанию помощи на воде привлекались около 5 тысяч общественников, в Ленинграде было развернуто на общественных началах 23 ССП и 2 СПС, благодаря чему были предупреждены тысячи несчастных случаев на воде.

В настоящее время в городе в собственности граждан Санкт-Петербурга

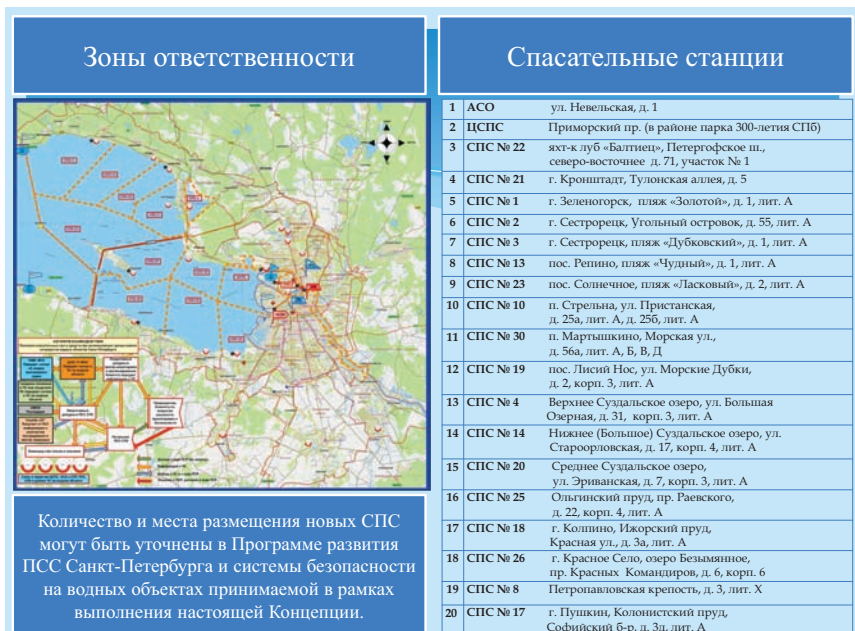


Рис. 2. Количество и места расположения спасательных станций



находится более 50 тысяч маломерных судов. Еще около 65 тыс. маломерных судов зарегистрировано в Ленинградской области.

Опыт проведения работ по поиску тел утонувших людей и подъему затонувших объектов показывает, что оснащение ПСС подводными поисковыми средствами не отвечает современным требованиям. Показательным примером этому является случай с подъемом в ноябре 2013 г. легкового автомобиля, упавшего в Неву с Володарского моста. В результате проведения поисковых работ автомобиль с погибшим водителем был обнаружен на глубине 13 м только через двое суток, а операция с подъемом автомобиля затянулась почти на две недели. Причина – отсутствие необходимого специального водолазного судна и водолазного снаряжения для работы на глубине при сильном течении и соответствующих подъемных средств.

Таким образом, имеет место нарастающее несоответствие между требуемым уровнем обеспечения безопасности на водных объектах и состоянием системы поддержания в готовности спасательных сил и средств ПСС Санкт-Петербурга для проведения, в случае необходимости, поисково-спасательных, в том числе поисковых водолазных и судоподъемных работ на водных объектах.

К сожалению, решение проблемы совершенствования системы безопасности на водных объектах не нашла своего отражения в разработанных стратегических и программных документах развития Санкт-Петербурга.

Нет упоминания о необходимости обеспечения безопасности людей на воде в Стратегии социально-экономического развития Санкт-Петербурга на период до 2035 г. [5], Стратегии развития транспортной системы Санкт-Петербурга до 2030 г. и в Программе «Развитие сферы культуры и туризма в Санкт-Петербурге» [6–7]. В ходе выполнения запланированных на 2018–2023 гг. мероприятий подпрограммы 5 государственной программы «Обеспечение законности, правопорядка и безопасности в Санкт-Петербурге» [8] планируется за счет строительства новых и реконструкции старых спасательных станций, а также внедрения новой спасательной техники и приемов оказания помощи терпящим бедствие повысить эффективность ПСС Санкт-Петербурга и, как следствие, улучшить состояние дел в вопросах обеспечения безопасности населения от угроз природного и техногенного характера, а также снизить гибель людей на водных объектах. Государственная программа не предусматривает, совершенствование всей системы безопасности на водных

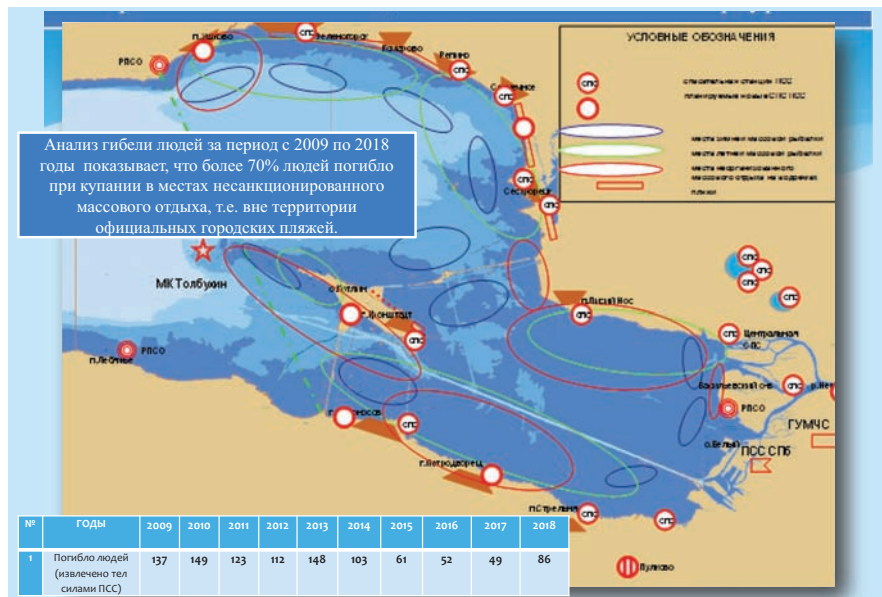


Рис. 3. Карта обстановки на водных объектах Санкт-Петербурга

объектах в Санкт-Петербурге. Развитие системы обеспечения безопасности на водных объектах в Санкт-Петербурге должно предусматривать не только увеличение числа спасательных станций СПб ГКУ ПСС Санкт-Петербурга, но и законодательное обеспечение деятельности на водных объектах города, как спасателей, представителей администраций районов, государственных и частных учреждений, так и граждан, использующих водные объекты города для отдыха, занятий спортом, рыбной ловли и плавания на судах, в том числе и маломерных. Если в МЧС России приказом от 22.07.2013 г. № 480 утверждено целое положение о функционировании подсистемы координации деятельности по поиску и спасанию людей во внутренних водах и территориальном море Российской Федерации, то в разработанных стратегических и программных документах развития Санкт-Петербурга нет ни одного упоминания о необходимости развития организации обеспечения безопасности людей на воде. Кроме того вопросы обеспечения безопасности людей на воде не нашли должного внимания при разработке проекта преобразования Кронштадта под названием «Кронштадт. Остров фортов», в котором предусмотрены новые водные туристические маршруты, в том числе на быстроходных судах, канатная дорога над Финским заливом, паромные переправы и т.д.

Следует подчеркнуть, что в федеральном законодательстве отсутствуют законодательные и нормативные правовые акты, детализирующие и определяющие конкретный перечень и организацию деятельности федеральных органов исполнительных власти РФ, органов исполнительных власти субъектов РФ и органов местного самоуп-

равления по обеспечению безопасности людей на водных объектах. Отсутствуют также соответствующие нормативные акты: Положение о ПСС, требования к СПС, правила пользования базами для стоянки маломерных судов и другие документы.

Таким образом, к 2017–2018 гг. сложились объективные условия для разработки Концепции развития системы обеспечения безопасности на водных объектах Санкт-Петербурга (далее – Концепция), проект которой был предложен специалистами СПб ГКУ «ПСС Санкт-Петербурга» на основе достоверных статистических данных 10-летнего опыта функционирования ПСС.

Проект Концепции был рассмотрен 12.09.2019 г. на заседании секции «Поисково-спасательная техника и технологии» Российского НТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова, в котором приняли участие как специалисты взаимодействующих организаций системы обеспечения безопасности на водных объектах Санкт-Петербурга, так научных организаций.

Участники заседания в своих выступлениях отметили необходимость:

- определения и утверждения стратегии развития системы обеспечения безопасности на водных объектах Санкт-Петербурга;
- развития ГКУ «Поисково-спасательная служба Санкт-Петербурга» как ключевого элемента системы обеспечения безопасности на водных объектах Санкт-Петербурга;
- разработки методики оценки эффективности системы обеспечения безопасности на водных объектах Санкт-Петербурга;
- рассмотрения проекта Концепции на заседании профильной секции



Морского совета при Правительстве Санкт-Петербурга;

- рассмотрение проекта Концепции на заседании Морского совета при Правительстве Санкт-Петербурга и последующее утверждение губернатором Санкт-Петербурга.

С учетом предложений участников заседания Концепция была одобрена и после доработки представлена в секретариат Морского совета Санкт-Петербурга. По поручению ответственного секретаря Морского совета при Правительстве Санкт-Петербурга Т.И. Чекаловой проект Концепции был рассмотрен и одобрен секцией по морской и речной транспортной деятельности Морского совета при Правительстве Санкт-Петербурга.

Для рассмотрения проекта Концепции на заседании Морского совета при Правительстве Санкт-Петербурга была предложена следующая структура Концепции:

1. Общие положения.
2. Общая обстановка, состояние системы безопасности на водных объектах и основные источники угроз безопасности.
3. Цели, задачи и принципы обеспечения безопасности на водных объектах.
4. Основные направления деятельности по реализации Концепции.
5. Механизмы реализации Концепции.
6. Этапы реализации Концепции.
7. Ожидаемые результаты реализации Концепции.
8. Приложения:
  - Правила определения зоны спасания, зоны ответственности, профилактического района и района патрулирования спасательной станции;
  - законодательные и нормативные правовые акты рекомендованные к принятию или внесению изменений при реализации Концепции;
  - схемы и карты обстановки, статистические данные;
  - финансово-экономическое обоснование расходов бюджета Санкт-Петербурга на реализацию мероприятий Концепции.

## ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КОНЦЕПЦИИ

Целями Концепции являются:

- повышение эффективности безопасности населения от угроз природного и техногенного характера на водных объектах Санкт-Петербурга;
- повышение оперативной готовности сил и средств ПСС Санкт-Петербурга и готовности их к выдвиганию в зоны ЧС и проведению аварийно-спасательных и других неотложных работ по ликвидации ЧС;
- повышение эффективности проведения профилактических меропри-

ятий и уровня культуры поведения людей на воде.

Приоритетной задачей Концепции является обеспечение безопасности, защита жизни и здоровья человека.

К иным задачам относятся:

- разработка и совершенствование нормативной правовой, научно-методической, организационно-управленческой и информационной базы с учетом опыта проведения мероприятий по обеспечению безопасности людей на водных объектах в предыдущие годы;
- оценка состояния, дальнейшее совершенствование и отработка взаимодействия сил и средств региональной подсистемы обеспечения безопасности на водных объектах, прогнозирование ее развития, информирование руководителей государственных органов на местах, общественности и населения о положении дел в данной области;
- разработка профессиональных стандартов подготовки спасателей на акватории, подготовка и повышение квалификации работников аварийно-спасательных подразделений и совершенствование учебно-материальной базы ПСС Санкт-Петербурга;
- внедрение новых образцов спасательных судов, робототехнических средств, средств мониторинга, экипировки, снаряжения спасателей, модернизация существующих сил и средств постоянной готовности;
- развитие инфраструктуры дежурных сил и средств ПСС путем строительства новых СПС, модернизации и реконструкции действующих СПС на водных объектах Санкт-Петербурга;
- развитие системы сезонных спасательных и общественных спасательных постов в местах массового отдыха населения на водных объектах Санкт-Петербурга.

## МЕХАНИЗМЫ РЕАЛИЗАЦИИ КОНЦЕПЦИИ

Реализация Концепции предполагает:

1. Развитие инфраструктуры и модернизация материально технической базы ПСС Санкт-Петербурга в соответствии с требованиями современных стандартов безопасности включает в себя программу строительства, модернизации и капитального ремонта СПС и ССП, корректировку норм оснащения и материально-технического обеспечения ПСС, разработку план-графиков замены средств ПСС выработавших свой ресурс на весь период реализации Концепции.
2. Совершенствование системы мониторинга водных объектов Санкт-Пе-

тербурга на предмет наличия угроз возникновения ЧС предусматривает установку систем видеонаблюдения на городских пляжах, закупку, отработку организации использования и поставку на дежурство новых образцов средств мониторинга на базе беспилотных авиационных систем, в том числе самолетного типа и создание единой экспериментальной веб-платформы сбора данных об обстановке на водных объектах от всех возможных источников.

3. Совершенствование критериев оценки угроз, в зависимости от обстановки на водных объектах, расчет и обоснование показателей эффективности деятельности сил и средств ПСС Санкт-Петербурга и системы обеспечения безопасности на водных объектах.

4. Создание новых форм и способов повышения эффективности профилактической работы с гражданами и особенно с детьми:

- разработка и совершенствование системы профилактики нарушений требований Правил охраны жизни людей на водных объектах Санкт-Петербурга;
- создание информационного веб-портала ПСС, предназначенного для всех работников учреждений, членов общественных организаций и граждан;
- установление дисциплинарной, гражданско-правовой, административной и уголовной ответственности за правонарушения в сфере требований Правил охраны жизни людей на водных объектах;
- создание механизма межведомственного взаимодействия по вопросам профилактической работы с населением и др.

5. Источниками финансирования реализации основных мероприятий настоящей Концепции будут являться бюджет Санкт-Петербурга, в рамках государственной программы КВЗПБ «Обеспечение законности, правопорядка и безопасности в Санкт-Петербурге», утвержденной постановлением Правительства Санкт-Петербурга от 17.06.2014 г. № 489, инвесторы и средства от государственно-частного партнерства.

## ЭТАПЫ РЕАЛИЗАЦИИ КОНЦЕПЦИИ

Реализацию Концепции предлагается осуществить в два этапа.

**На первом этапе (2020–2022 гг.)** осуществить следующие мероприятия:

1. Разработать и принять законодательные и нормативные правовые акты Санкт-Петербурга, направленные на достижение целей Концепции:

- 1.1. Закон Санкт-Петербурга «О поиске и спасении на водных объектах».
- 1.2. Положение о ПСС.
- 1.3. Положение о спасательных стан-

циях и сезонных спасательных постах ПСС.

1.4. Положение о прокатных станциях на водных объектах Санкт-Петербурга.

2. Внести изменения и дополнения по охране жизни людей на водных объектах, предупреждению, ликвидации и (или) минимизации последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в следующие законодательные и нормативные правовые акты Санкт-Петербурга:

2.1. Закон Санкт-Петербурга от 31 мая 2010 г. №273-70 «Об административных правонарушениях в Санкт-Петербурге» в части касающейся установления дисциплинарной, гражданско-правовой, административной и уголовной ответственности за правонарушения в сфере требований Правил охраны жизни людей на водных объектах в Санкт-Петербурге (статьи 43-5 и 43-6 с изменениями и дополнениями).

2.2. Постановление Правительства Санкт-Петербурга от 5.06.2008 г. №657 «Об утверждении Правил охраны жизни людей на водных объектах в Санкт-Петербурге».

2.3. Постановление Правительства Санкт-Петербурга от 18.09.2007 г. №1165 «Об утверждении Правил пользования водными объектами для плавания на маломерных судах в Санкт-Петербурге в части касающейся».

3. Откорректировать руководящие документы ПСС Санкт-Петербурга по профилактике нарушений требований Правил охраны жизни людей на водных объектах Санкт-Петербурга, предупреждению, ликвидации и (или) минимизации последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера с целью приведения их в соответствие с вновь принятыми и откорректированными законодательными и нормативными правовыми актами Санкт-Петербурга.

4. Осуществить реализацию и мониторинг действующей программы КВЗПБ «Обеспечение законности, правопорядка и безопасности в Санкт-Петербурге», утвержденной постановлением Правительства Санкт-Петербурга от 17.06.2014 г. № 489.

5. Откорректировать действующую программу КВЗПБ и подпрограммы по развитию ПСС Санкт-Петербурга и системы обеспечения безопасности на водных объектах по результатам мониторинга;

| Основным механизмом реализации второго этапа выступает<br>Государственная программа<br>«Обеспечение законности, правопорядка и безопасности<br>в Санкт-Петербурге на 2015 – 2020 годы», утвержденная в 2014 г.<br>Постановлением правительства Санкт-Петербурга № 489 |  |                   |   |   |                       |
|---|--|-------------------|---|---|-----------------------|
| Критерий эффективности деятельности в концепции<br>представлены из государственной программы №489   |  |                   |   |   |                       |
| № п/п   | Критерий эффективности ПСС (КЭ)  | Единица измерения | Формула расчета Критерия эффективности  | Значение  | Баллы от 1 до 5       |
| 1   | 2  | 3                 | 4   | 5   | 6                     |
| 5   | Эффективность СПб ГКУ ПСС по реагированию на происшествия на водных объектах | %                 | $KЭ = (Ф/П) \times 100\%$<br>где:<br>Ф-количество пострадавших людей, которым оказана помощь на водных объектах (в том числе спасенных)<br>П-сумма числа пострадавших людей, которым оказана помощь на водных объектах (в том числе спасенных) и количество людей утонувших на городских пляжах и при обеспечении наиболее значимых мероприятий, план проведения которых утвержден Губернатором СПб | 100%<br>менее 100%-85%<br>менее 85%-70%<br>менее 70%-55%<br>менее 55% | 5<br>4<br>3<br>2<br>1 |

Рис. 4. Критерий эффективности СПбГКУ «ПСС Санкт-Петербурга»

6. Принять откорректированную программу КВЗПБ и подпрограммы по развитию ПСС Санкт-Петербурга и системы обеспечения безопасности на водных объектах на 2023–2026 гг.

7. Обобщить и проанализировать правоприменительную практику законодательных и иных нормативных правовых актов Российской Федерации и Санкт-Петербурга, направленных на достижение целей обеспечения безопасности на водных объектах.

**На втором этапе (2023–2026 гг.)** предполагается осуществить следующие мероприятия:

- 1) строительство 5 новых береговых СПС;
- 2) строительство до 2 новых СПС на базе плавучих дебаркадеров;
- 3) строительство Центра управления силами СПб ГКУ ПСС Санкт-Петербурга;
- 4) реконструкция 19 действующих СПС;
- 5) оснащение современной аварийно-спасательной техникой и оборудованием подразделений ПСС Санкт-Петербурга;
- 6) развитие сети сезонных спасательных постов в местах массового отдыха населения на базе автомобильных шасси и временных сооружений;
- 7) развитие сети общественных сезонных и постоянных спасательных постов.

Критерий эффективности СПб ГКУ ПСС Санкт-Петербурга на втором этапе реализации Концепции представлен на рис. 4.

Финансовые расходы бюджета Санкт-Петербурга на реализацию мероприятий Концепции указаны в табл. 2.

### ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РЕАЛИЗАЦИИ НАСТОЯЩЕЙ КОНЦЕПЦИИ

Реализация настоящей Концепции будет способствовать:

- а) повышению защищенности населения от ЧС природного и техногенного характера на водных объектах Санкт-Петербурга;
- б) совершенствованию нормативно-правового регулирования в сфере обеспечения безопасности людей на водных объектах;
- в) снижению количественных показателей гибели людей на водных объектах;
- г) повышению уровня культуры поведения людей на воде;
- д) усилению роли государства как гаранта безопасности граждан, прежде всего детей, на водных объектах;
- е) активизации вовлечения жителей Санкт-Петербурга в выполнение мероприятий, проводимых в городе в рамках совершенствования системы обеспечения безопасности на водных объектах;
- ж) дальнейшему развитию системы обеспечения безопасности на водных объектах в Санкт-Петербурге и в Российской Федерации (рис. 5).

Таблица 2

Объем финансирования мероприятий за счет бюджета Санкт-Петербурга за период 2021-2026 гг., тыс. руб., по годам

| Мероприятие  | 2021      | 2022      | 2023      | 2024      | 2025      | 2026     | Всего       |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-------------|
| Объем финансирования Концепции по источникам финансирования, в том числе по годам реализации | 204 978,5 | 343 709,0 | 258 551,6 | 197 863,9 | 271 933,5 | 19 780,2 | 1 476 816,7 |



Рис. 5. Схема размещения и зоны ответственности спасательных станций СПб ГКУ «ПСС Санкт-Петербурга», в том числе новых

## ВЫВОДЫ

1. Нормативно-правовая база, структура, материально-техническая оснащенность системы обеспечения безопасности на водных объектах не соответствуют современным требованиям и перспективам развития Санкт-Петербурга.

Главная причина такого положения заключена в недостаточной эффективности существующей системы предупреждения гибели людей на воде и особенно предотвращения купания граждан в непредназначенных для этого местах и на необорудованных пляжах.

2. Проект «Концепции развития системы обеспечения безопасности на водных объектах Санкт-Петербурга» направлен на реализацию решений имеемых проблем на основе комплекса мероприятий в организационной, технической и нормативно-правовой областях.

3. Принятие и реализация Правительством Санкт-Петербурга «Концепции развития системы обеспечения безопасности на водных объектах Санкт-Петербурга» позволит существенно повысить уровень обеспечения безопасности на водных объектах жите-

лей и гостей города с учетом тенденций его развития.

## ИСТОЧНИКИ

1. Концепция общественной безопасности в Российской Федерации Утв. Президентом РФ 14.11.2013 №Пр-2685. – [Электронный ресурс]: URL: <http://www.kremlin.ru/acts/news/19653> (Дата обращения 25.10.2019).
2. Федеральный закон «О защите населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера» – [Электронный ресурс]: URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_5295/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5295/) (Дата обращения 25.10.2019).
3. Указ Президента РФ от 16 октября 2019 г. № 501 «О Стратегии в области развития гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечения пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах на период до 2030 года». [Электронный ресурс]: URL: <http://docs.cntd.ru/document/563493863/> (Дата обращения 11.11.2019).
4. О планах по развитию туристической инфраструктуры Петербурга – [Электронный ресурс]: URL: <https://riafan.ru/region/spb/1211271-beglov-rasskazalo-planakh-po-razvitiyu-turisticheskoi->

infrastruktury-peterburga (Дата обращения 25.10.2019).

5. Стратегия социально-экономического развития Санкт-Петербурга на период до 2035, принята Законодательным собранием Санкт-Петербурга и утверждена Законом Санкт-Петербурга от 19.12.2018 г. №771-164. – [Электронный ресурс]: URL: <https://www.gov.spb.ru/gov/otrasl/ceconom/strategiya-ser-2035/> (Дата обращения 25.10.2019).
6. Постановление Правительства Санкт-Петербурга от 13.05.2014 г. №355 «Стратегии развития транспортной системы Санкт-Петербурга до 2030 года» – [Электронный ресурс]: URL: [storage.strategy24.ru](http://storage.strategy24.ru) (Дата обращения 25.10.2019).
7. Постановление Правительства Санкт-Петербурга от 17.06.2014 №788 «О государственной программе Санкт-Петербурга «Развитие сферы культуры и туризма Санкт-Петербурге» на 2015-2020 годы» – [Электронный ресурс]: URL: [spbstrategy2030.ru](http://spbstrategy2030.ru) (Дата обращения 25.10.2019).
8. Постановление Правительства Санкт-Петербурга от 17 июня 2014 г. №489 О государственной программе Санкт-Петербурга «Обеспечение законности, правопорядка и безопасности в Санкт-Петербурге» – [Электронный ресурс]: URL: [spbstrategy2030.ru](http://spbstrategy2030.ru) (Дата обращения 25.10.2019). ■



## ПУТЬ, НАЧЕРТАННЫЙ СУДЬБОЙ К 100-ЛЕТНЕМУ ЮБИЛЕЮ Г. А. ПРОСЯНКИНА

*В.С. Никитин, президент НТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова,  
А.Н. Мирошников, специалист по связям с общественностью  
АО «Центр судоремонта «Звёздочка»,  
контакт. тел. (812) 315 5027*

Григорий Лазаревич Просянкин, один из основателей атомного подводного флота России, родился 6 января 1920 г.

Биография корабеля Просянкина сына шахтера, выпускника Николаевского кораблестроительного института, бывшего рядового 53-го запасного стрелкового полка, началась в марте 1943 г. Его первая должность – помощник мастера корпусного цеха завода № 402, будущего Севмаша. Его первые корабли – большие охотники пр. 122А и эсминцы пр. 30, 30К и 30Бис. Как позже вспоминал Григорий Лазаревич, белый армейский полушубок, в котором он приехал в Молотовск (ныне Северодвинск), от постоянной работы с металлом быстро стал черным.

Осваивал профессию Григорий Лазаревич с ответственностью, упорством и основательностью, качествами, заложенными с детства. В семье Просянкиных незыблемым было правило – пока не сделана вся работа по дому и хозяйству, со двора ни шагу.

Старший технолог, начальник бюро технологической подготовки производства, начальник корпусообработывающего, затем корпусосборочного цеха 7 и в 1952 г., сталельного, самого крупного и главного цеха завода № 50. Под руководством Григория Просянкина успешно сдавались флоту эсминцы «тридцатки» и даже крейсер.

А в это время на кульманах конструкторов «Малахита», в чертежах, рождалась первая отечественная атомная подводная лодка. Воплотиться в металле ей предстояло на заводе № 402 – закладка состоялась 24 сентября 1955 г. Впереди было много интересной работы и даже новая должность – главного инженера завода, но судьба совершила крутой поворот: Григория Просянкина назначили директором расположенной на другом берегу Никольского устья будущей «Звёздочки» – завода № 893. В июне 1956 г. будущий Центр судоремонта состоял только из блока монтажных цехов со всеми службами и производствами и участка мелководной набережной. Григорий Просянкин взялся за дело с присущей ему энергией, главным в его работе, а затем и всего коллектива стал принцип «от простого – к сложному».

Строительство завода велось одновременно с ремонтом надводных кораблей и дизельных подводных лодок. Сроки нередко были крайне сжатыми, а задачи – нереальными. В 1959 г. согласно постановлению Совета министров СССР «Звёздочку» перепрофилировали на ремонт атомных субмарин. Впервые в стране! Завод превратился в огромную стройплощадку, а специалисты Севмаша – в учеников, овладевавших новыми знаниями и навыками.



В ноябре 1962 г. первая АПЛ К-33 пришла на завод, а два года спустя субмарина, прошедшая ремонт и переоборудование, с новым ракетным комплексом с подводным стартом вернулась в строй! Более того, вместе с ней военно-морской флот получил отремонтированную К-11.

Особая для «Звёздочки» и ее директора страница биографии – ремонт первого в мире атомного ледокола «Ленин» с заменой старой энергетической установки на новое атомное сердце, который предстояло выполнить за два с половиной года. У ледокола было два ответственных сдатчика: Вильям Калганов отвечал перед директором, а Григорий Лазаревич держал отчет перед министром судостроительной промышленности СССР Борисом Бутомой. 20 июня 1970 г. был подписан акт приемки ледокола «Ленин». За беспримерный и самоотверженный труд «Звёздочка» была награждена орденом Ленина, а на груди директора засияла звезда Героя Социалистического Труда.

В феврале 1972 г. Григорий Просянкин возглавил Севмаш, где строили субмарины различных проектов. Тем временем наука не стояла на месте, на повестке дня были атомоходы второго и третьего поколений. Под руководством

Григория Просянкина, проведя реконструкцию производственных мощностей, Севмаш освоил их серийную постройку.

Ракетные подводные крейсера стратегического назначения проектов от 667Б до 667БДРМ, гигантские «Акулы», титановые сверхавтоматизированные «Лиры» – детища Григория Просянкина. Некоторые из них до сих пор несут службу.

Григорий Лазаревич Просянкин, отдавший судостроению и судоремонту 43 года, был человеком волевым, даже жестким, но справедливым, уважал профессионализм и не терпел разгильдяйства, мог отстаивать свою точку зрения перед министрами и высшим руководством СССР, умел в интересах производства «нажать» и «выбить».

Строил он не только корабли, но и Северодвинск, старался сделать завод лучшим, Северодвинск – красивым и уютным.

Человек – эпоха, незаурядная, разносторонняя личность, Григорий Просянкин в течение 30 лет руководил крупнейшими предприятиями страны. Благодаря его организаторскому таланту и беззаветному служению Родине, Севмаш и «Звёздочка» стали флагманами судостроительной отрасли, славящимися крепкими коллективами профессионалов.

Память о Григории Просянкине, Герое Социалистического Труда, кавалере трех орденов Ленина, лауреате Ленинской и Государственной премий СССР хранят все поколения корабелов Северодвинска.

Примечательно, что в конце 1998 г. по результатам опроса, проведенного в Северодвинске, Григорий Просянкин был признан Человеком года. А на праздновании 60-летия города корабелов зал театра драмы в едином порыве встал, приветствуя громом аплодисментов своего знаменитого земляка.

Именем Почетного гражданина Северодвинска Григория Просянкина названа площадь на о. Ягры. Здесь же поставлен бюст выдающемуся кораблестроителю, а на доме, где он жил, установлена мемориальная доска. В 2010 г. его имя увековечено на Аллее Героев Севмаша. Всё вместе – это знаки уважения и признания его замечательных качеств и заслуг. ■

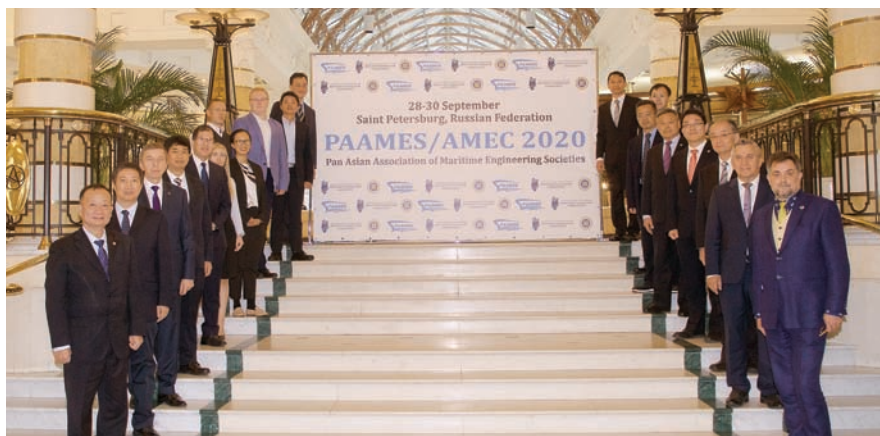
Паназиатская Ассоциация морских инженерных обществ (РААМЕС) была организована с целью продвижения науки и технологии в морском инжиниринге, поддержки развития морской промышленности, обмена научной информацией, повышения статуса морских инженеров, развития сотрудничества между организациями-членами в странах и регионах Азиатско-Тихоокеанского региона.

Первая встреча в рамках РААМЕС прошла в Шанхае 26–29 октября 2004 г. в связи с 4-й Конференцией по инновационной науке и технологии. Впоследствии международный постоянный комитет РААМЕС решил изменить название конференции на Передовую морскую инженерную конференцию (АМЕС) с целью расширения тематического диапазона и укрепления связи с РААМЕС. Мероприятие носит эстафетный характер и проводится раз в два года. Вторая совместная встреча РААМЕС и АМЕС состоялась в Национальном университете Чэджу, в Корее, на острове Дзеджу 18–20 октября 2006 г., третья встреча – 20–22 октября 2008 г. в Макухари Мессе, Чикаго, Япония, четвертая прошла в Сингапуре 6–8 октября 2010 г., пятая встреча и конференция – в Международном центре конвенций, Тайпей, Тайвань 10–12 декабря 2012 г. Следующие две состоялись в КНР. Восьмая встреча РААМЕС и конференция АМЕС прошли в Пусане, Корея 16–19 октября 2018 г. по тематике «Зеленое и умное судно». На ней было принято решение поддержать заявку Российского НТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова о проведении девятой Передовой морской инженерной конференции MagTech 4.0 одновременно с девятой встречей РААМЕС 28–30 сентября 2020 г. в Санкт-Петербурге совместно с Санкт-Петербургским государственным морским техническим университетом.

На встрече 16 сентября 2019 г. в Петербурге сопредседателями организационного комитета президентом НТО

## РААМЕС/АМЕС 2020 СТАРТУЕТ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ 28 СЕНТЯБРЯ 2020 Г.

**К.В. Рождественский**, д-р техн. наук, проф., вице-президент НТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова, проректор СПбГМТУ по международному сотрудничеству, [cpntokrylov@mail.ru](mailto:cpntokrylov@mail.ru), [kvrxmas@yahoo.com](mailto:kvrxmas@yahoo.com)



судостроителей им. акад. А.Н. Крылова профессором В.С. Никитиным и ректором СПбГМТУ профессором Г.А. Турчиным совместно с членами комитета К.В. Рождественским, В.Н. Половинкиным и Г.Н. Муру была предложена тематика предстоящей конференции – «Судостроение и судоходство сегодня» (проектирование и конструкция судов; технология судостроения; судоремонт и реновация; морская добыча нефти и газа; безопасность и защита морской среды; международное морское право; возобновляемая энергия океана; арктический инжиниринг и судоходство; инжиниринг и управление портами), а также «Морской инжиниринг 4.0» (цифровизация, большие данные; интернет вещей; инновационные технологии; аддитивное производство; виртуальное прототипирование; тренажеры; искусственный интеллект, дроны; электронная навигация; вычисли-

тельная механика; системы автоматизированного проектирования).

Во встрече участвовали кроме организаторов конференции – НТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова и СПбГМТУ приняли участие представители Shanghai Society of Naval Architects and Ocean Engineers, The Japan Institute of Marine Engineering, Jiangsu Society of Naval Architects and Marine Engineers, The Society of Naval Architects of Korea, The Hong Kong Institution of Engineers-Mechanical, Marine, Naval Architecture and Chemical Division, The Hong Kong Institute of Marine Technology, The Hong Kong Institute of Marine Technology, The Chinese Society of Naval Architects and Marine Engineers. Участники мероприятия обсудили не только программу конференции, но и формат публикаций, докладов, предложили провести конкурс на лучший доклад, а также молодежный конкурс на лучший проект в области судостроения и океанотехники.

Труды предложено издать в электронном виде. Традиционно лучший доклад будет награжден призом.

Тезисы принимаются до 15 февраля 2020 г. (300-400 слов), тематику статьи следует обозначить не позднее 15 марта, полный текст статьи необходимо будет представить к 15 июля 2020 г.

Целью проведения РААМЕС/АМЕС 2020 Российское НТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова и СПбГМТУ видят в содействии развитию и укреплению деловых связей, взаимному обмену информацией по тематике конференции, совершенствованию подготовки и переподготовки инженерных кадров, расширению общественных международных связей. ■



Участники заседания Комитета РААМЕС/АМЕС 2020, Санкт-Петербург, 2019



**11** сентября 2019 г. в АО «ЦТСС» состоялось собрание Ассоциации судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области и Секции по судостроению Морского Совета при Правительстве Санкт-Петербурга.

Присутствовали директор и заместители директоров 37 предприятий-членов Ассоциации из 49, председатель территориальной организации профсоюзов С.П. Максименко, председатель КППИ Правительства Санкт-Петербурга Ю.Ю. Калабин, председатель Союза ветеранов судостроения города А.И. Загчаев, пресса и ТВ.

Председатель собрания – президент Ассоциации М.В. Александров.

С докладом «Военно-морской флот – инструмент геополитики государств мира» выступил В.Н. Половинкин, научный руководитель «Крыловского ГНЦ».



**В.Н. Половинкин**

Об особенностях проектирования и строительства кораблей с корпусами из композитных материалов свои доклады представили главный специалист по композитным материалам, начальник сектора корпусного отдела ЦМКБ «Алмаз» В.А. Булкин и генеральный директор Средне-Невского судостроительного завода В.А. Середохо. В докладах были подробно рассмотрены характеристики применяемых материалов.

О подготовке трехстороннего соглашения между предприятиями-членами Ассоциации на 2019–2022 гг. сообщил председатель территориальной организации профсоюзов С.П. Максименко.

## ИТОГИ СОВМЕСТНОГО СОБРАНИЯ АССОЦИАЦИИ СУДОСТРОИТЕЛЕЙ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА И ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ И СЕКЦИИ ПО СУДОСТРОЕНИЮ МОРСКОГО СОВЕТА ПРИ ПРАВИТЕЛЬСТВЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

*Ассоциация судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области,  
контакт. тел. (812) 786 1172*



**Президиум собрания (слева направо): Л.Г. Грабовец, М.В. Александров, Ю.Ю. Калабин, А.С. Соловьев**

### РЕШЕНИЯ СОБРАНИЯ

1. Доклад научного руководителя «Крыловского ГНЦ» В.Н. Половинкина принять к сведению.
2. Учитывая уникальность характеристик судов и кораблей с корпусами из композитных материалов и имеющиеся возможности их строительства, направить в «Объединенную судостроительную корпорацию» заслушанные доклады как содержащие интересные предложения с целью дальнейшего развития этого направления судостроения и оказания содействия в получении заказов от отечественных и зарубежных потребителей на проектирование и строительство таких судов и кораблей.
3. Информацию о работе совместной трехсторонней комиссии принять к сведению, одобрить принцип формирования отраслевого соглашения

и уполномочить президента Ассоциации М.В. Александрова подписать от ее



**В.А. Середохо**

имени отраслевое трехстороннее региональное соглашение на 2019–2022 гг. ■



**С**анкт-Петербургское Морское Собрание – это неотъемлемая часть истории и современности Российского флота. Морское Собрание – это организация с богатой, насыщенной историей, с собственными традициями и законами, поставленными на службу российскому государству и российскому воинству. Изначально Морское Собрание создавалось для всех офицеров – морских и сухопутных, и по этой причине важно совершить экскурс в историю, к временам Петра Великого.

Так, после одержанной победы над шведами при Гангуте в июле 1714 г. основатель регулярного военного флота произнес: «Господь Бог Россию прославить изволил, ибо много дарованным победам на земле, ныне и на море венчати благоволил». Затем указом от 26 ноября 1718 г. Петр I ввел особые Собрания – Ассамблеи, которые стали прообразами и ранними прототипами Морских Собраний. Не случайно государь учредил Ассамблеи в то самое время, когда еще шла тяжелая Северная война, поскольку хорошо понимал их значение для своих сподвижников. В те годы интенсивными темпами шло развитие молодого Балтийского флота, а под скипетр российского монарха перешли города и крепости Рига, Пернов, Ревель (Таллин). Фактически Россия уже полностью владела Финским и Ботническим заливами, и, подписывая указ об учреждении Ассамблей, Петр намеревался показать неразрывную связь между решением важных военно-стратегических задач и необходимостью предоставить офицерам и заслуженным гражданским лицам возможности собираться, обсуждать новинки кораблестроения и вооружения, но самое главное – чтобы «всякий раз зело способствовать высокому статусу Державы Российской».

Традиции Петровских ассамблей возродились при императрице Екатерине II с образованием Морского Собрания. После череды блестящих побед русской армии и флота на Дунае, в Средиземном море и присоединения Крыма в 1783 г. Екатерина II высоко подняла на европейской арене престиж России как морской державы. Офицеры нуждались в пополнении знаний, в культурном досуге, и только Морское Собрание могло дать им полезную информацию и скрасить службу после возвращения из боевой или практической кампаний. Но это оказалось лишь малой частью тех глобальных задач, которые наметила великая императрица.

Как-то, обсуждая с графом А. А. Безбородко вопросы государственной важности, Екатерина II вдруг спросила: «Как вы думаете, Александр Андреевич, могут ли Собрания флотские поспособствовать нам турок одолеть и ко-

## САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОЕ МОРСКОЕ СОБРАНИЕ 110 ЛЕТ НА СЛУЖБЕ ОТЕЧЕСТВУ

*Г.А. Гребенщикова, д-р истор. наук, проф., историограф СПб МС,  
контакт. тел. (812) 312 5396*

раблеплавание свободное в Черном и Белом морях навеки обрести? Дело то великое делаем, Крым присоединили, Херсон обустроен, и Ахтиар (Севастополь) очень хорош для флота будущего нашего. Совсем скоро флот здешний (на Балтике) вновь в поход снарядим, но часть морских Наших и сухопутных в Ахтиар хочу отправить, пусть там в делах своих проявятся и знания свои покажут, взятые из Морских Собраний».

Граф А. А. Безбородко, умнейший и образованнейший человек своего времени, заведовавший иностранными делами государства, не задумываясь ответил: «Польза в Собрании есть несомненная, Великая Государыня, ибо держит оно связи воинства нашего со всеми нитями державной политики Российской. Собрание распознать поможет, куда направить силы государственные, где более нужен ум наш, и ежели столь достойное общество и далее процветать будет, то обретем мы вовек спокойствие и благоденствие. Ныне, когда флот Вашего Императорского Величества поднимается, и флаг Андреевский виден на всех морях, Собрания офицеров морских и сухопутных лишь прибавят нам весу политического, поддержат нравственно и подкрепят духовно».

*Таким образом, выдающиеся люди России XVIII столетия безоговорочно ставили Морское Собрание на службу Отечеству, приравнивали к одному из звеньев государственного аппарата и не сомневались в его огромной пользе.*

Важно подчеркнуть, что все командиры кораблей и начальствующие эскадрами, принимавшие участие в боевых действиях на Балтике со шведами и англичанами, в Черном, Эгейском и Средиземном морях с турками и в Северном море с голландцами и французами, являлись членами Морских Собраний. Это – главный командир Кронштадтского порта вице-адмирал Ф. В. фон Моллер, адмирал Джордж (Георгий Георгиевич) Тет, вице-адмирал Р. В. Кроун, контр-адмирал М. Коробка, капитан-командор И. Т. Быченский, адмирал П. И. Ханыков и другие.

В последующие царствования, после завершения эпохальной борьбы с Наполеоном, в 40-х–80-х гг. XIX в. Морские Собрания функционировали во всех крупных военных портах Российской империи. Главным законом «столь славных и высоко нравственных Собраний

лучшей части военного и морского общества России» оставался тот же, что и при Петре Великом и Екатерине II: сплочение офицеров регулярных формирований армии и флота посредством полезной организации их внеслужебного времяпровождения и служение Отечеству. Эти важные факторы напрямую способствовали повышению боеспособности флота и в целом оборонной мощи государства.

С 1858 г. по велению императора Александра II обязательными членами Морских Собраний стали все флотские адмиралы, штаб- и обер-офицеры, а с 1870–1890-х гг. – офицеры всех корпусов Морского ведомства, включая военных врачей. Членами Морских Собраний могли стать не только действующие офицеры, но и достойные отставные военные и гражданские чины различных ведомств, представители дворянского сословия, почетные граждане и купцы 1-й гильдии. Морские Собрания Российского императорского флота не были общественными организациями, а имели государственный статус с коллегиальным управлением. Главное внимание Морских Собраний сосредоточивалось на всей военно-морской деятельности государства, и их мероприятия проходили под девизом «Сплочение – Содействие – Польза – Преемственность».

3 (16) февраля 1910 г. в Санкт-Петербурге произошло важное событие: морской министр вице-адмирал С. А. Воеводский подписал приказ № 25, в котором говорилось: «Предписываю кают-компанию офицеров флотских экипажей, расположенных в С.-Петербурге, именовать впредь Морским Собранием при 2 Балтийском флотском экипаже и принять к руководству прилагаемый при сем Устав Собрания». Тот знаменательный день стал отправной точкой отсчета Санкт-Петербургского Морского Собрания.

Коллегиальное управление осуществлял Совет Старшин, а первым председателем Морского Собрания стал капитан 1 ранга Андрей Сергеевич Загряжский-Кисель. Почетным председателем Совета Старшин избирался начальник Главного морского штаба.

Цели и задачи своей работы Морское Собрание сформулировало, исходя из прежних положений и основываясь на традициях, сложившихся при Петре Великом. При этом функции и зада-

чи СПб МС существенно дополнились и расширились в связи с повышением значимости его государственного статуса. Так, Морскому Собранию больше внимание стал уделять император Николай II и члены Дома Романовых, чаще почитая своим личным присутствием заседания и оказывая всестороннюю материальную поддержку. Активное участие в жизнедеятельности СПб МС начали принимать морской министр и офицеры Морского генерального штаба с его образованием в июне 1906 г. Члены СПб МС получили в свое распоряжение просторное помещение с библиотекой и буфетом, а финансирование Морского Собрания осуществлялось из средств Морского министерства или непосредственно из государственной казны.

В стенах Собрания читали лекции лучшие профессора и преподаватели Николаевской морской академии и Санкт-Петербургского университета, а разработкой и составлением тематики лекций, бесед, военно-морских игр занимались члены Морского ученого комитета и офицеры Морского генерального штаба. В круг интересов членов МС входили морская тактика, военная стратегия и статистика, топография, кораблестроение, теория корабельной архитектуры, морская и полевая артиллерия, минное дело.

6 (19) марта 1912 г. морской министр адмирал И. К. Григорович утвердил Устав СПб МС. Статья 1 Устава провозгласила его главную цель: «Доставлять своим членам средства для сближения и поддерживать между ними товарищеские отношения, соответствующие духу и требованиям военно-морской службы. Содействовать развитию среди членов военно-морского и общего образования. Доставлять членам развлечения в свободное от службы время.

Начальник Главного морского штаба имеет высший надзор за Собранием и направляет деятельность его к указанной в ст. 1 цели».

Статья 6 Устава определяла членство в СПб МС: «Обязательными членами Собрания состоят все адмиралы, генералы, штаб- и обер-офицеры флота и войск, военно-морского судебного ведомства и морской строительной части, офицеры по Адмиралтейству, переведенные из флота, и все морские врачи, состоящие на действительной службе в частях и учреждениях Морского ведомства, расположенных в Санкт-Петербурге».

Необязательными членами МС могли становиться обязательные чины по выходе в отставку или в запас. Почетными и действительными членами СПб МС являлись адмиралы И. К. Григорович, А. А. Эберггард, Н. О. фон Эссен, А. И. Русин, А. В. Колчак, начальник

На подлинномъ рукою Морского Министра написано:  
«*Утверждаю.*»

3 февраля 1910 года.

Подписаль: Морской Министръ, Вице-Адмиралъ *Леводскій.*

## УСТАВЪ

### морского собранія при 2 Балтійскомъ флотскомъ экипажѣ.

1. Собраніе состоитъ при 2 Балтійскомъ флотскомъ экипажѣ имѣеть цѣлю: а) содѣйствовать сближенію морскихъ офицеровъ между собою; б) содѣйствовать развитію въ средѣ офицеровъ военно-морского образованія, и в) доставлять офицерамъ развлеченіе въ свободное отъ службы время.

2. Для достиженія этихъ цѣлей и въ зависимости отъ имѣющихся средствъ и помѣшеній, въ морскомъ собраніи устраиваются: библиотечка, столовая, фехтовальная, билліардъ и т. п.; сверхъ того, въ морскомъ собраніи допускаются игры въ шахматы, карты (кромя азартныхъ игръ) и прочія, дозволенные закономъ.

3. Общее управленіе дѣлами морского собранія возлагается на совѣтъ старшинъ. Начальникъ Главнаго Морского Штаба есть почетный предсѣдатель совѣта старшинъ, командиръ 2 Балтійскаго флотскаго экипажа—предсѣдатель совѣта, а одинъ изъ помощниковъ его, по его назначенію,—обязательный старшина.

Морского генерального штаба князь А. А. Ливен, начальник Генерального штаба генерал-лейтенант Я. Г. Жилинский, известные кораблестроители А. Н. Крылов и И. Г. Бубнов, начальники Николаевской морской академии. Устав Собрания предоставлял право председателям Морского Собрания и Совета Старшин выдавать разрешение на посещение Собрания иностранными адмиралами и офицерами в качестве гостей.

24 апреля 1912 г. император Николай II утвердил особый флаг для Морских Собраний Императорского флота России: белый с синим вертикальным крестом, военным флагом в верхнем крыже и синим якорем в нижнем крыже. Для отличия флага Собраний различных портов по сторонам якоря помещались начальные буквы их названия.

Революционные события октября 1917 г. прекратили существование Морских Собраний. Офицеры лишились своих организаций на восемьдесят лет.

В декабре 1994 г. контр-адмирал И. К. Шалатонов предложил бывшему подводнику ВМФ РФ Николаю Владимировичу Орлову возглавить работу по воссозданию Морского Собрания в Петербурге. Фактически с нулевой отметки Н. В. Орлову предстояла сложная, напряженная и трудоемкая работа, которую он начал с предварительного изучения исторических документов из российских архивов и библиотек. Николай Владимирович отчетливо осознавал, что необходимо создавать такую организацию, которая, во-первых, базировалась бы на прошлом положительном опыте и на своих истоках, а, во-вторых, функционировала бы уже с учетом новых, современных реалий.

С этой целью Н. В. Орлов организовал инициативную группу, которая выработала Устав Морского Собрания, созвала временный Совет Старшин, а затем учредительную конференцию. 29 марта 1995 г. эта конференция при-



няла Устав Морского Собрания Санкт-Петербурга и 25 апреля того же года зарегистрировала его в Управлении юстиции города. Так началось возрождение Морского Собрания как регионального отделения Российского Морского Собрания, которое получило статус в ноябре 1995 г. после выхода соответствующего указа Президента России. Первым председателем Совета Старшин стал Н. В. Орлов.

Однако вопрос заключался в том, что одним из основных принципов работы Российского Морского Собрания провозглашалась допустимость политической деятельности. Понимая неприемлемость подобной ситуации, наносившей моральный вред Морскому Собранию, Н. В. Орлов выступил с инициативой выхода из Российского Морского Собрания и образования самостоятельной организации. Такое решение он обосновал прежде всего тем, что происходила дискредитация самой идеи Морского Собрания, попытка подменить благородную цель возрождения лучших традиций ВМФ России политической борьбой. Николай Владимирович высказался решительно против потакания личным амбициям политиков и проталкивания их лозунгов через МС, против фракционности среди его членов и начал непростую процедуру выхода из Российского Морского Собрания и регистрацию СПб МС.

Совет Старшин поддержал это предложение. Работа шла трудная, понадобилось много нервов и перенапряжения сил, чтобы доказывать, разъяснять, убеждать в необходимости и важности такого решения. Наконец, 1 октября 1996 г. общественная организация «Санкт-Петербургское Морское Собрание» получила отдельный статус и регистрационный номер № 970-юр. в Управлении юстиции Санкт-Петербурга.

Позже правоту Н. В. Орлова подтвердил бывший Главнокомандующий ВМФ России адмирал В. И. Куроедов: «Россия была и остается великой морской державой. Этот высокий статус может быть обеспечен исключительно государственным подходом к развитию военно-морского флота. Санкт-Петербургское Морское Собрание, не превращаясь в политическую трибуну, делает в этом направлении многое».

Со временем Российское Морское Собрание, за выход из которого боролся Н. В. Орлов, превратилось в общественно-политическое движение, но такое положение исключало наличие в его рядах действующих офицеров, которые по закону не имели права состоять в организациях с каким бы то ни было политическим подтекстом. Н. В. Орлов единогласно был избран председателем СПб МС. С того времени МС ведет напряженную работу по нормальному

функционированию Собрания, налаживая связи между Морскими Собраниями других городов России и объединил их в единую ассоциацию, в которую теперь входят Собрания из Вологды, Гатчины, Севастополя, Новороссийска, Петропавловска-Камчатского, Архангельска, Мурманска, Владивостока.

В числе значительных дел СПб МС, совершенных по инициативе его председателя, вошло доставление на Родину из Франции и перезахоронение праха последнего морского министра императорской России адмирала И. К. Григоровича, много сделавшего для подъема и восстановления флота после тяжелых потерь в Цусимском сражении в мае 1905 г. Такая важная часть истории нашего Отечества, как обретение И. К. Григоровичем последнего приюта на родной земле, стала реальностью не по мановению «волшебной палочки», а благодаря титанической работе Н. В. Орлова, проделанной им для выполнения завещания И. К. Григоровича быть похороненным в Санкт-Петербурге на Никольском кладбище Александра-Невской лавры в фамильном склепе рядом с женой.

После напряженной работы, проделанной Н. В. Орловым в течение трех лет, 26 июля 2005 г., спустя 75 лет после смерти И. К. Григоровича, состоялось торжественное перезахоронение последнего морского министра императорской России. В нравственно-духовном значении такое событие означало не просто выполнение завещания адмирала, а надежду на возрождение флота нашего Отечества и его вооруженных сил. Главнокомандующий ВМФ России лично выразил благодарность Н. В. Орлову за успешное завершение уникальной и благородной работы.

Также по инициативе Н. В. Орлова летом 1998 г. на берегу бухты на юге Франции, в городке Вильфранк, состоялась торжественная установка бюста Алексею Григорьевичу и Федору Григорьевичу Орловым и адмиралу Федору Ушакову, канонизированному Русской Православной Церковью. В царствование Екатерины II, в июне 1770 г., русский флот под начальством его главнокомандующего генерал-адъютанта графа А. Г. Орлова уничтожил турецкий флот под Чесмой, лишив тем самым Османскую империю главных сил на море. Чесменские события всколыхнули не только Турцию, но и всю Европу, в которой прогремела слава русского флота и русского оружия. Незадолго до этой блестящей победы братья Орловы купили на юге Франции за свои деньги и передали в государственную казну эту живописную бухту.

17 февраля 2017 г. в Екатерининском зале Государственного музея-заповедника «Царское Село» в г. Пуш-

кин состоялась очередная торжественная ассамблея Морского Собрания, на которой Н. В. Орлов зачитал телеграмму главнокомандования ВМФ о принятом решении: в честь важности и значимости для России победы русского флота под Чесмой в июне 1770 г. под начальством Алексея Григорьевича Орлова и уничтожения турецких морских сил наименовать предполагаемый к закладке эсминца «А. Г. Орлов-Чесменский».

Совет Старшин Морского Собрания совместно с турецкими представителями рассмотрел и утвердил решение о создании в г. Чесма (Турция) «Парка русско-турецкой дружбы» и открытия в немobeliska русским морякам: «Своим верным сынам благодарная Россия».

Морское Собрание подготовило и провело празднование 300-летия победы русского флота в Гангутском сражении: состоялась международная конференция, были изданы памятные медали, которыми награждены все члены МС, проведена реконструкция Гангутского сражения на рейде г. Ханко (Финляндия), реставрация памятников на полуострове Ханко (Финляндия) русским воинам, погибшим в Гангутском сражении.

СПб МС оказывает материальную помощь морским воинским частям, военно-морским и морским учебным заведениям. С помощью Морского Собрания был изготовлен и открыт в г. Выборг памятник генерал-адмиралу Ф. М. Апраксину, Собрание участвовало в разработке скульптурной композиции «Полтава», установленной на набережной Невы.

Морское Собрание пользуется заслуженным авторитетом в российских городах и за рубежом.

В настоящее время в Морском Собрании состоит более 500 человек. Действительными и почетными членами СПб МС являются Президент России В. В. Путин, председатель Геральдической комиссии при Президенте РФ Г. В. Вилинбахов (Государственный Эрмитаж), председатель Совета директоров ОАО «Газпром» А. Б. Миллер, генеральный директор ГМЗ «Царское Село» О. В. Таратынова, руководители научно-промышленного комплекса Морской порт Санкт-Петербурга и предприятий оборонно-промышленного комплекса, правящий князь Монако Альберт II, представители высшего командного состава флота России, генералы и адмиралы, Герои России, глава Республики Крым С. В. Аксенов.

МС Санкт-Петербурга объединяет всех, кто заинтересован в восстановлении и поддержке Российского флота, в обеспечении национальной безо-



пасности государства и его оборонной мощи, в подьеме на должную ступень патриотического воспитания молодежи.

СПб МС имеет свой флаг, герб, гимн, знак, форму, награды, символы, печать и девиз: «Честь. Флот. Отечество». Освящение флага СПб МС происходило в торжественной обстановке в верхней церкви Богоявления Господня.

Верховный Главнокомандующий Вооруженными силами Президент РФ В. В. Путин неоднократно подчеркивал, что без знания героического прошлого России, а тем более наших морских побед и свершений нет полноценного настоящего и уверенности в будущем. Россия как великая морская держава высоко держит Андреевский флаг, надежно обороняет морские рубежи и с честью хранит флотские традиции, завещанные нам Петром Великим.

Будучи неотъемлемой частью государственности России, СПб МС следует этим заветам, бережно хранит их, развивает и приумножает. На сегодняшний день СПб МС – это сплоченная организация с сотнями действительных и почетных членов, в число которых входят адмиралы, командующие флотами и флотилиями, генералы, командующие военными округами и начальники штабов, действующие и отставные офицеры, директора судостроительных и судоремонтных заводов, различных предприятий и объединений Москвы, Петербурга и других городов России. Всех их объединяет чувство патриотизма, любовь к флоту и стремление внести собственный вклад в его развитие. На традиционных торже-

ственных ассамблеях Морского Собрания члены и гости имеют возможность чествовать героев, поздравлять награжденных орденами и медалями, вспоминать памятные даты в истории России и тем самым приносить свою лепту в сохранение флотских и морских традиций.

СПб МС ведет большую научно-издательскую деятельность. В течение пяти лет на средства Собрания были изданы монографии «Гангутская баталия 1714 года», «Чесменская победа. Триумф России в Средиземном море», «Россия и Турция. Двенадцать невыученных уроков», «Морское сражение под Наварином. Причины и следствия», «Главный военно-морской парад России», литература для детей, посвященная великим морским победам русского флота, осуществило переиздание монографии «Чесменская победа. Триумф России в Средиземном море» в связи с 250-летием Чесменского сражения.

Большую часть экземпляров этих книг Собрание передало флотам ВМФ РФ, Главкомату ВМФ, военно-морским и морским учебным заведениям и учреждениям.

В Морском Собрании постоянно ведется работа по рассмотрению представлений на награждение, активно работает Совет Старшин – руководящий орган МС, а также наградная, мандатная и литературная комиссии, секции МС. Мероприятия, проводимые МС, освещаются в изданиях «Морской вестник», «Морская газета» и на официальном сайте МС.

Сегодня Морское Собрание активно работает по подготовке и проведению празднования 75-летия Победы советского народа в Великой Отечественной войне, 25-летия возрождения СПб МС и 250-летия победы русского флота в Чесменском сражении.

В соответствии с действующим законодательством РФ и правовыми актами СПб МС защищает права и интересы своих членов, поддерживает социальный статус моряков.

Духовное наставничество членов Морского Собрания осуществляет его духовник – православный священник, который является связующим звеном с Русской Православной Церковью.

Наградами СПб МС – орденами «За трудовую доблесть» двух степеней, «За заслуги», «За заслуги в морской деятельности» трех степеней, золотой медалью имени Петра I, серебряными медалями имени адмирала М. П. Лазарева и Адмирала Флота Советского Союза Н. Г. Кузнецова награждены сотни работников морского и речного флота, учебных заведений, научно-исследовательских институтов, военных и гражданских моряков, конструкторов и инженеров-судостроителей, работников военных учебных заведений, участников боевых действий на море.

СПб МС объединяет всех, кому небезразлична судьба флота и для кого слово патриотизм имеет высокий смысл. СПб МС держит связь с флотами и флотилиями, с Морскими Собраниями городов, входящих в ассоциацию Морских Собраний России. ■

1. Автор представляет статью в электронном виде объемом до 20 000 знаков, включая рисунки. Текст набирается в редакторе MS Word под Windows, формулы – в формульном редакторе MathType. Иллюстрации, помещенные в статье, должны быть представлены дополнительно в форматах: TIFF CMYK (полноцветные), TIFF GRAYSCALE (полуполноцветные), TIFF BITMAP (штриховые), EPS, JPEG, с разрешением 300 dpi для полуполноцветных, 600 dpi для штриховых и в размерах, желательных для размещения.

2. Статья должна содержать реферат объемом до 300 знаков, ключевые слова и библиографо-библиотечный индекс УДК. Автор указывает ученую степень, ученое звание, место работы, должность и контактный телефон, а также дает в письменной форме разрешение редакции журнала на размещение статьи в Интернете и Научной электронной библиотеке после

публикации в журнале. Статья представляется с рецензией.

3. Статьи соискателей и аспирантов принимаются к публикации на бесплатной и безвозмездной основе.

4. Контрольное рецензирование этих статей осуществляет редакционная коллегия с привлечением при необходимости профильных специалистов. Рецензии на статьи хранятся в редакции журнала в течение 5 лет.

5. В случае отказа в публикации автору высылается рецензия. Копии рецензий направляются в Минобрнауки России при поступлении соответствующего запроса в редакцию журнала.

6. Содержание журнала ежеквартально представляется на рассмотрение редакционному совету. Решение о выпуске очередного номера оформляется протоколом.

## РЕФЕРАТЫ

УДК 629.5.01 **Ключевые слова:** речной круиз, речное круизное пассажирское судно, пассажироместность, утилизация, модернизация, конверсия, прогноз, анализ

**А.Г.Егоров. Определение фактической пассажироместности отечественных речных круизных пассажирских судов с прогнозом до 2030 года//Морской вестник. 2019. № 4 (72). С. 7**

Определены действующие речные круизные пассажирские суда, проанализированы основные характеристики и проектные решения, которые закладывались в проектах модернизации и конверсии. Выполнена оценка пассажироместности с прогнозом на среднесрочную перспективу до 2030 г.т. 3. Ил. 5. Библиогр. 11 назв.

УДК 629.5.062.13 **Ключевые слова:** СПК, исполнительный орган, параметры движения, курсовой угол

**М.А.Александров, Д.А.Скорыходов. Выбор параметров движения исполнительных органов судна на подводных крыльях//Морской вестник. 2019. № 4 (72). С. 15**

Определены математические выражения спектральных плотностей волнения моря, воздействующего на судно на подводных крыльях при его стабилизации по курсовому углу. Представлены передаточные функции линеаризованных уравнений бокового движения СПК, спектральные плотности параметров его движения и спектральные плотности отклонения носовых крыльев, кормовых закрылков и руля направления и их первая и вторая производные, которые позволили определить дисперсии углов отклонения и их производные, необходимые для расчета момента нагрузки на гидравлический исполнительный привод исполнительных органов управления в режиме стабилизации и при его маневрировании. Библиогр. 6 назв.

УДК 629.5 **Ключевые слова:** ЦМКБ «Алмаз», проектирование, строительство

**А.В.Шляхтенко, А.Л.Ивченко. «Светляк» – 30 лет на страже морских границ//Морской вестник. 2019. № 4 (72). С. 15**

История создания пограничных сторожевых кораблей (ПСКР) в ЦМКБ «Алмаз», их развития и модернизации. Приведены характеристики ПСКР, описано оборудование. Т. 1. Ил. 9.

УДК 629.562.2.004.17 **Ключевые слова:** ОАО «Пелла», рыболовный флот, проекты

**«Пелла» ставит рекорды в строительстве рыболовного флота//Морской вестник. 2019. № 4 (72). С. 27**

О постройке траулера-процессора пр. 03095, краболова пр. 03070, рыболовного судна из композитного материала пр. 03870 и др. Ил. 4

УДК 629.5 **Ключевые слова:** атомная подводная лодка, титан, проектирование, постройка

**В.В.Крылов, Р.А.Шмаков. Первая высококоростная титановая подводная лодка. К 50-летию создания АПЛ проекта 661//Морской вестник. 2019. № 4 (72). С. 29**

Раскрыта история проектирования и создания первой в мире атомной подводной лодки пр. 661 из титана. Рассказано об участниках проектирования и постройки. Ил. 6. Библиогр. 6 назв.

УДК 629.081.328 **Ключевые слова:** передаточный плавучий док, материалоемкость, грузоподъемность, архитектурно-конструктивная компоновка, характеристики

**А.Г.Смирнов. Анализ материалоемкости плавучих доков, используемых для спуска судов на воду и подъема с воды на берег//Морской вестник. 2019. № 4 (72). С. 33**

В связи с предстоящим обновлением судостроительных и судоремонтных предприятий и заменой спускоподъемных сооружений новыми выполнен анализ материалоемкости плавучих доков. Показаны возможности увеличения грузоподъемности этих доков и необходимость предварительного технико-экономического исследования создания береговых и гидротехнических сооружений. Т. 2. Ил. 4. Библиогр. 3 назв.

УДК 629.5.04.035 **Ключевые слова:** Средне-Невский судостроительный завод, композитное судостроение, проект 12700 «Александрит», особенности, цифровизация, пр.23290

**Средне-Невский судостроительный завод – верфь будущего//Морской вестник. 2019. № 4 (72). С. 39**

Рассмотрены возможности постройки композитных судов на Средне-Невском судостроительном заводе, в том числе по гособоронзаказу. Приведены примеры таких судов (корабль «Александр Обухов», «Владимир Емельянов»). Обозначены перспективы деятельности предприятия, его модернизации. Ил. 3.

УДК 621.436:629.5.06 **Ключевые слова:** системы дистанционного автоматизированного управления, системы управления техническими средствами корабля, модернизация, ремонт

**В.Л.Кудинов. Анализ восстановления работоспособности систем дистанционного автоматизированного управления главных и вспомогательных двигателей, общекорабельных систем на кораблях иностранной постройки//Морской вестник. 2019. № 4 (72). С. 41**

Рассмотрены проблемы восстановления работоспособности систем дистанционного автоматизированного управления (ДАУ) главных (ГД) и вспомогательных двигателей, общекорабельных систем кораблей (ОКС) иностранной постройки. Обозначены проблемы, возникающие в ходе сервисного обслуживания и ремонтов средств автоматизации кораблей при замене снятых с производства комплектующих иностранного производства. Рассмотрена правомерность внесения изменений в комплектующие корабль изделия зарубежного производства. Определена необходимость модернизации систем ДАУ ГД, ДГ и ОКС на основе современной микропроцессорной техники в обеспечении дальнейшей эксплуатации кораблей и судов иностранной постройки.

УДК 629.5.035.58 **Ключевые слова:** соосные гребные винты противоположного вращения, передача мощности

**А.Р.Тогунай, С.Л.Анчиков, Л.И.Вишневикий. Соосные гребные винты в зарубежном и отечественном судостроении//Морской вестник. 2019. № 4 (72). С. 44**

Дан обзор применения соосных гребных винтов противоположного вращения (СГВ) на судах различного назначения. Показаны эксплуатационные преимущества СГВ по сравнению с одиночными гребными винтами. Отмечены особенности вариантов передачи мощности на СГВ. Отмечена актуальность и возможность дальнейшего улучшения эксплуатационных характеристик движителей с СГВ. Т. 1. Ил. 9. Библиогр. 28 назв.

УДК 621.4 **Ключевые слова:** двигатель, лопатки, робот, шлифовка

**Шлифовка лопаток двигателей – теперь задача для роботов//Морской вестник. 2019. № 4 (72). С. 51**

Компания «Пумори-северо-запад» вывела на рынок роботизированную систему финишной обработки лопаток авиационных двигателей. Описаны ее состав, возможности. Ил. 2.

УДК 621.3 **Ключевые слова:** электрообогрев, эксплуатация, остойчивость судна, обледенение судов, теплопроизводительность средств обогрева, саморегулирующие кабели

**Е.И.Владимиров, А.А.Неёлов, М.П.Тихомиров, Р.С.Мещеров, В.И.Чугунов. Электрообогрев на судах. Необходимые решения для борьбы с обледенением морских судов//Морской вестник. 2019. № 4 (72). С. 53**

Для обсуждения предложена проблема электрообогрева на судах и кораблях для безопасного плавания в климатических условиях арктических и дальневосточных морей. Ил. 5. Библиогр. 14 назв.

УДК 002 **Ключевые слова:** дизельные двигатели, импортозамещение, пропульсивные комплексы

**К.Э.Елизаров. Краткий обзор состояния рынка стационарных двигателей для маломерного флота. Предложения отечественных предприятий//Морской вестник. 2019. № 4 (72). С. 58**

Знакомит с разработкой стационарных двигателей для маломерного флота на российских предприятиях, в частности ООО «Винета». Приведены характеристики опытного образца конвертированного дизельного двигателя на основе автомобильных двигателей ПАО «Дизель» модели ЯМЗ-534 и ЯМЗ-536 мощностью до 260 и до 450 л.с. Т. 1. Ил. 2.

УДК 629.5.035–233.1:624.042.6 **Ключевые слова:** судовой валопровод, расчет прочности, изгиб вала, дейдвудный подшипник

**Г.А.Кушнер, В.А.Мамонтов. Совершенствование методики расчета статической прочности элементов валопровода судна//Морской вестник. 2019. № 4 (72). С. 62**

Рассмотрены задачи расчета прочности системы валопровода судна. Предложена методика расчета напряженно-деформированного состояния гребного вала с учетом упругих свойств и длины дейдвудного подшипника. Получены графики формы изгиба вала, распределения изгибающего момента и перерезывающей силы по длине вала. Сделан вывод о возможности использования методики при проектировании системы судового валопровода. Ил. 5. Библиогр. 3 назв.

УДК 629.553 **Ключевые слова:** корабль (судно), пожарная опасность, оценка, ЭИПИ

**В.А.Колесник, В.Н.Крутецкий, А.В.Марковский, М.В.Марковский. Повышение эффективности средств оценки пожарной опасности в корабельных отсеках при использовании в их составе электроиндукционного пожарного извещателя (ЭИПИ)//Морской вестник. 2019. № 4 (72). С. 64**

Проблема обеспечения пожаробезопасности кораблей и судов – комплексная и предусматривает различные взаимосвязанные пути ее решения. Дан обзор перспективных средств, позволяющих оценивать потенциальную обстановку в корабельном отсеке, когда возгорание еще не началось. Особое внимание уделено одному из таких устройств, а именно электроиндукционному пожарному извещателю (ЭИПИ). Приведена краткая информация о результатах его натурных испытаний на специальных

стендах и на действующих кораблях флота. Дана оценка возможности его применения при соответствующей доработке в составе перспективных комплексных систем пожарной безопасности. Т. 1. Ил. 13. Библиогр. 3 назв.

УДК 536.2.01 **Ключевые слова:** виртуальные испытания, тепловой расчет, метод конечных элементов  
**Б.Ю. Семенов, Р.Н. Козрян, О.Ф. Воробьев, А.В. Бондарец. Моделирование потока теплообмена для прогнозирования температуры электронных элементов изделия в средах с повышенной температурой окружающей среды//Морской вестник. 2019. № 4 (72). С. 71**

Рассмотрен новый для АО «НПФ «Меридиан» подход к исследованию вопросов обеспечения теплового режима изделий – виртуальные тепловые испытания изделий. Этот подход представляет собой моделирование тепловых процессов, происходящих в конструкции во времени, что позволяет говорить уже не о тепловых расчетах отдельных элементов конструкции, а об исследовании процесса тепловыделения всей конструкции в целом. Исследованы преимущества нового подхода в сравнении с «классическими» методами расчета обеспечения теплового режима конструкций. Сделан вывод о перспективности подхода и необходимости его полноценного внедрения в производственный цикл предприятия. Ил. 3

УДК 629.123.56:539.38 **Ключевые слова:** единая технологическая платформа, информационная технология, интегрированная навигационная система, архитектура программного обеспечения, программный интерфейс, независимо компилируемый программный модуль – плагин  
**И.В. Бедняков, В.В. Ефимов, Д.Ю. Сарычев, Ф.В. Сушинский. Платформа «Муссон» – новые возможности создания судовых интегрированных навигационных систем//Морской вестник. 2019. № 4 (72). С. 74**

Рассмотрены результаты опытно-конструкторской работы «Разработка единой технологической платформы судовых интегрированных навигационных систем нового поколения». Приведены сведения об основных решениях по созданию платформы «Муссон». Дана характеристика информационных технологий, позволяющих использовать платформу «Муссон» в качестве инструмента и одновременно технологического ядра судовых интегрированных навигационных систем. Ил. 5. Библиогр. 12 назв.

УДК 681.5 **Ключевые слова:** компьютерное моделирование, отладка программного обеспечения, виртуальная среда, модель системы управления, модель объекта управления  
**К.Ю. Шилов, С.В. Федоров, К.О. Строкин. Технология отладки программного обеспечения корабельных автоматизированных систем управления на основе компьютерного моделирования//Морской вестник. 2019. № 4 (72). С. 81**

Представлены роль и место комплексных математических моделей объектов управления в процессе разработки новой продукции. Отражено одно из ключевых направлений снижения издержек проектных работ за счет применения современных информационных технологий. Описана технология компьютерного моделирования систем управления в виртуальной среде для отладки функционального программного обеспечения. Т. 1. Ил. 3. Библиогр. 4 назв.

УДК 681.322–181.48:629.12 **Ключевые слова:** тренажер, обучение, тренировка, оператор, обучающийся, эталон, модуль, архитектура, действие, ошибка, система, режим, управление, пульт, сценарий, таблица, задание  
**В.В. Кобзев, В.В. Иваницкий, Ю.Н. Сизов. Использование бортовых тренажеров для подготовки корабельных операторов по специальности//Морской вестник. 2019. № 4 (72). С. 83**

Рассмотрены вопросы, связанные с использованием бортовых тренажеров (БТ) для подготовки корабельных операторов по специальности. Описаны различные варианты интегрирования БТ в комплексные системы управления техническими средствами в составе резервного пульты и на отдельной стойке. Приводятся достоинства и недостатки каждого варианта. Отмечается наличие

нового информационного элемента в составе БТ-модуля эталонных сценариев. Описывается технология создания такого модуля. Ил. 4. Библиогр. 5 назв.

УДК 621.396.67 **Ключевые слова:** систематическая погрешность курсовой системы, тактическая группа надводных кораблей, пеленг на взаимодействующий корабль, спутниковая навигация, обратная геодезическая задача, комплексная обработка информации  
**Г.А. Коржавин, Ю.Ф. Подоплёкин, О.Г. Мальцев. Оценка систематических погрешностей курсовых систем взаимодействующих надводных кораблей тактической группы//Морской вестник. 2019. № 4 (72). С. 88**

Исследована возможность определения систематических погрешностей, обусловленных медленно меняющимися ошибками курсовых систем, в измерениях пеленгов на излучающую морскую цель, обнаруженную пассивными РЛС взаимодействующих надводных кораблей тактической группы. Указанная возможность основана на комплексной обработке информации пеленгационного канала системы взаимного обмена информацией и ориентирования и навигационных систем, обеспечивающих высокоточное определение местоположения взаимодействующих кораблей методами спутниковой навигации. Приведены расчетные данные и результаты статистического моделирования разработанных алгоритмов на ПЭВМ. Т. 2. Библиогр. 5 назв.

УДК 004.056.53 **Ключевые слова:** информационная безопасность, нарушитель информационной безопасности, несанкционированный доступ, конфиденциальная информация, модель, промышленные предприятия  
**В.Г. Ерышов, Р.Д. Куликов, Д.А. Богданов. Моделирование процесса несанкционированного доступа к конфиденциальной информации на предприятиях промышленного сектора//Морской вестник. 2019. № 4 (72). С. 93**

Описана разработанная модель, позволяющая получать вероятностно-временные характеристики нарушителя информационной безопасности по несанкционированному доступу к конфиденциальной информации на предприятиях промышленного сектора при варьируемых исходных данных входящих и выходящих потоков событий исследуемого процесса. Модель разрабатывалась в рамках мероприятий по повышению эффективности комплексной системы информационной безопасности в АО «Армалит». Ил. 3.

УДК 517.9:629.5 **Ключевые слова:** кораблестроение, морская техника, нестационарная динамика, базис, вычисления  
**Ю.И. Нечаев. Нестационарная динамика экстренных вычислений в кораблестроении и морской технике//Морской вестник. 2019. № 4 (72). С. 99**

Рассматриваются теоретический базис и концептуальные решения при реализации нестационарной динамики в кораблестроении и морской технике. Стратегия моделирования нестационарной динамики определяет построение и интерпретацию поведения морских динамических объектов (МДО) в экстремальных ситуациях в программном комплексе системы поддержки принятия решений (ППР). Практическое приложение разработанной вычислительной технологии ориентировано на использование больших объемов данных в системах искусственного интеллекта (СИИ), виртуальных полигонах и лабораториях, функционирующих в режиме экстренных вычислений (Urgent Computing – UC). Реализация динамической модели современной теории катастроф (СТК) осуществляется на основе многофункционального вычислительного комплекса (МКВ), интегрирующего интеллектуальные технологии и высокопроизводительные вычисления в системах искусственного интеллекта (СИИ) новых поколений. Ил. 5. Библиогр. 13 назв.

УДК 629.153 **Ключевые слова:** морская деятельность, регион, рейтинг  
**Л.М. Клячко, В.В. Дударенко. Рейтинговые оценки развития морской деятельности регионов Российской Федерации//Морской вестник. 2019. № 4 (72). С. 103**

Проанализированы результаты рейтинговых оценок морской деятельности в регионах РФ, базирующихся на сравнительном методе. Предложены основные показате

ли для проведения рейтинговых оценок морской деятельности. Это позволяет оценивать уровень морской деятельности по ее отдельным направлениям в динамике. Т. 2. Ил. 1. Библиогр. 2 назв.

УДК 629.541.2:629.5.016 **Ключевые слова:** скоростные пассажирские перевозки, скоростное пассажирское судно, водоизмещающее скоростное судно, энергоэффективность скоростного пассажирского судна  
**М.А. Смирнов. Скоростные пассажирские суда: транспортные, технические и эксплуатационные аспекты//Морской вестник. 2019. № 4 (72). С. 108**

Рассмотрены особенности пассажирских перевозок с помощью скоростных судов, описывается положение скоростных пассажирских судов и перевозок на мировом и российском рынках, приводятся примерная численность и состав отечественного пассажирского скоростного флота, обозначаются тенденции развития скоростного пассажирского судостроения. На основе статистических данных по скоростным пассажирским судам сформулирован диапазон характерных для них технических и проектных характеристик. Выполнен сравнительный анализ технико-эксплуатационных показателей скоростных пассажирских судов с различными способами движения и архитектурно-конструктивными типами в целях выбора наиболее эффективных из них. Т. 1. Ил. 17. Библиогр. 15 назв.

УДК 527 **Ключевые слова:** электронный навигационный секстан, АО «Морские навигационные системы»  
**П.О. Астахов, Ф.В. Кузин. Электронный навигационный секстан//Морской вестник. 2019. № 4 (72). С. 114**

Рассмотрено устройство электронного навигационного секстана, который доработали АО «МНС» и немецкая фирма «Cassens & Plath». Приведены его преимущества. Ил. 1. Библиогр. 2 назв.

УДК 627.772 **Ключевые слова:** безопасность, водные объекты, чрезвычайная ситуация, аварийная, поисково-спасательная служба, концепция, поисково-спасательная техника, спасательная станция, концепция  
**О.И. Аришина, Ю.Л. Данчук, Л.А. Промыслов, В.Н. Илюхин. О необходимости принятия концепции развития системы обеспечения безопасности на водных объектах Санкт-Петербурга//Морской вестник. 2019. № 4 (72). С. 115**

Рассмотрены актуальные для Санкт-Петербурга вопросы состояния и развития системы обеспечения безопасности на водных объектах, основные источники угроз безопасности, основные направления и механизмы, а также основные этапы и результаты реализации Концепции развития системы обеспечения безопасности на водных объектах Санкт-Петербурга. Т. 2. Ил. 5. Библиогр. 8 назв.

УДК 629.5 **Ключевые слова:** Г.Л. Просянкин, биография, 100-летний юбилей  
**В.С. Никитин. А.Н. Мирошников. Путь, начертанный судьбой. К 100-летию юбилею Г.Л. Просянкина//Морской вестник. 2019. № 4 (72). С. 121**

Краткая биография одного из основателей атомного подводного флота Г.Л. Просянкина. Ил. 1

УДК 061.43:623.8 **Ключевые слова:** РААМЕС, АМЕС, конференция, план  
**К.В. Рождественский. РААМЕС/АМЕС 2020 стартует в Санкт-Петербурге 28 сентября 2020 г.//Морской вестник. 2019. № 4 (72). С. 122**

Информация о Паназийской Ассоциации морских инженерных обществ (РААМЕС) – Передовой морской инженерной конференции (АМЕС) в Санкт-Петербурге, ее подготовке и планах.

УДК 629.5 **Ключевые слова:** Санкт-Петербургское Морское Собрание, создание, история  
**Г.А. Гребенщикова. Санкт-Петербургское Морское Собрание. 110 лет на службе Отечеству//Морской вестник. 2019. № 4 (72). С. 124**

Подробно рассказана история создания Санкт-Петербургского Морского Собрания. Озвучены его цели, обозначены основные события и задачи. Ил. 1



1. Authors shall submit articles of up to 20,000 characters, including figures, in electronic form. The text shall be typed in MS Word under Windows, formulas – in the equation editor «MathType.» Illustrations present in the article shall be submitted additionally, in the following formats: TIFF CMYK (full color), TIFF GRAYSCALE (grayscale), TIFF BITMAP (dashed), EPS, JPEG, with resolution of 300 dpi for grayscale figures and 600 dpi for dashed ones and in sizes desired for placement.

2. Articles shall contain an abstract of up to 300 characters, keywords, and bibliographic library UDC identifier. Authors shall indicate their degree, academic status, place of employment, job position, and telephone number, as well as provide a written permission of the Editor to place articles on the Internet and in the Scientific Electronic Library after publication in the journal. Articles shall be submitted with reviews.

3. The articles of postgraduate and degree-seeking students shall be accepted for publication on a free and royalty-free basis.

4. The control review of these articles shall be performed by the editorial board, with the assistance of dedicated experts, if necessary. Reviews of articles are stored in editorial office of the magazine within 5 years.

5. In case of refusal to publish articles, reviews shall be sent to authors. Copies of reviews go to the Ministry of Education and Science of the Russian Federation at receipt of the corresponding inquiry in editorial office of the magazine.

6. The contents of the journal shall be submitted to the editorial board quarterly. The decision concerning the next issue of the journal shall be formally established with the protocol.

ABSTRACTS

UDC 629.5.01 **Keywords:** river cruise, river cruise passenger vessel, passenger capacity, utilization, modernization, conversion, prognosis, analysis

**A.G. Egorov. Determination of the actual passenger capacity of domestic river cruise passenger ships with a forecast up to 2030 // Morskoy Vestnik. 2019. № 4 (72). P.7**

Active river cruise passenger vessels are defined, main characteristics and design approaches accepted in modernization and conversion projects are analyzed. Estimation of passenger capacity with forecast on mid-term perspective till 2030 is executed. T.3. Fig.5. Bibliography 11 titles.

UDC 629.5.062.13 **Keywords:** SPK, executive body, motion parameters, heading angle

**M.A. Aleksandrov, D.A. Skorokhodov. The choice of motion parameters of the hydrofoils of the vessel's executive organs // Morskoy Vestnik. 2019. № 4 (72). P.15**

Mathematical expressions are determined for the spectral densities of sea waves affecting a hydrofoil vessel when it is stabilized along the course angle. The transfer functions of the linearized equations of the lateral motion of the SEC, the spectral densities of the parameters of its motion and the spectral deviation densities of the nasal wings, aft flaps and rudder, and their first and second derivatives, which made it possible to determine the variances of the deviation angles and their derivatives, necessary for calculating the hydraulic load moment, are presented. Executive drive of executive controls in stabilization mode and during its maneuvering. Bibliography 6 titles.

UDC 629.5 **Keywords:** CMDB Almaz, design, construction

**A.V. Shlyakhtenko, A.L. Ivchenko. «Svetlyak» – 30 years on guard of the sea borders // Morskoy Vestnik. 2019. № 4 (72). P.19**

The history of the creation of border guard ships (PSKR) in CMDB Almaz, their development and modernization. The characteristics of PSKR are described, equipment is described. T.1. Fig.9.

UDC 629.562.2.004.17 **Keywords:** Pella OJSC, fishing fleet, projects

**Pella sets records in the construction of the fishing fleet // Morskoy Vestnik. 2019. № 4 (72). P.27**

On the construction of trawler-processors pr. 03095, crabbol pr. 03070, fishing vessel made of composite material pr. 03870, etc. Fig.4.

UDC 629.5 **Keywords:** nuclear submarine, titanium, design, construction

**V.V. Krylov, R.A. Shmakov. The first high-speed titanium submarine. On the 50th anniversary of the creation of the nuclear submarine of project 661 // Morskoy Vestnik. 2019. № 4 (72). P.29**

The history of the design and creation of the world's first nuclear submarine, project 661, made of titanium, is disclosed. Talked about the participants in the design and construction. Fig.6. Bibliography 6 titles.

UDC 629.081.328 **Keywords:** transfer floating dock, material consumption, load-carrying capacity, architectural design, characteristics

**A.G. Smirnov. Analysis of the material consumption of floating docks used for launching ships on water and lifting from water to shore // Morskoy Vestnik. 2019. № 4 (72). P.33**

In connection with the upcoming updating of shipbuilding and ship repair enterprises and the replacement of hoisting structures with new ones, an analysis of the material intensity of floating docks has been performed. The possibilities of increasing the carrying capacity of these docks and the need for a preliminary feasibility study of the creation of coastal and hydraulic structures are shown. T.2. Fig.4. Bibliography 3 titles.

UDC 629.5.04.035 **Keywords:** Sredne-Nevesky shipyard, composite shipbuilding, project 12700 Aleksandrit, features, digitalization, project 23290

**Sredne-Nevesky shipyard – shipyard of the future // Morskoy Vestnik. 2019. № 4 (72). P.39**

The possibilities of building composite vessels at the Sredne-Nevesky shipyard, including under state defense order, are examined. Examples of such vessels are given (ship «Alexander Obukhov» «Vladimir Emelyanov»). The prospects of the enterprise, its modernization are outlined. Fig.3.

UDC 621.436: 629.5.06 **Keywords:** remote automated control systems, vehicle hardware control systems, modernization, repair

**V.L. Kudinov. Analysis of the restoration of operability of remote automated control systems for main and auxiliary engines, general ship systems on foreign-built ships // Morskoy Vestnik. 2019. № 4 (72). P.41**

The problems of restoring the operability of remote automated control systems (DAU) of the main (DP) and auxiliary engines, general ship systems of ships (ACS) of foreign construction are considered. The problems arising during the after-sales service and repairs of ship automation equipment during replacement of components of foreign manufacture discontinued are indicated. The eligibility of making changes to the components of the ship products of foreign manufacture. The necessity of modernizing the DAU DG, DG and OKS systems based on modern microprocessor technology to ensure the continued operation of ships and vessels of foreign construction is determined.

UDC 629.5.035.58 **Keywords:** counter-rotation coaxial propellers, power transmission

**A.R. Togunjac, S.L. Anchikov, L.I. Vishnevsky. Coaxial propellers in foreign and domestic shipbuilding // Morskoy Vestnik. 2019. № 4 (72). P.44**

A review is given of the use of coaxial opposite rotation propellers (SVG) on ships for various purposes. The operational advantages of SVG compared with single propellers are shown. The features of options for transmitting power to SVG are reflected. The relevance and the possibility of further improving the operational characteristics of propulsion devices with SHW are noted. T.1. Fig.9. Bibliography 28 titles.

UDC 621.4 **Keywords:** engine, blades, robot, grinding **Grinding engine blades – now a task for robots // Morskoy Vestnik. 2019. № 4 (72). P.51**

Pumori-North-West introduced the robotic finish system for engine blades. Its composition, capabilities are described. Fig.2.

UDC 621.3 **Keywords:** electrical heating, operation, stability of a vessel, icing of vessels, heating capacity of heating means, self-regulating cables

**E.I. Vladimirov, A.A. Neyolov, M.P. Tikhomirov, R.S. Meshcherov, V.I. Chugunov. Electric heating on ships. Necessary solutions for combating icing of sea vessels // Morskoy Vestnik. 2019. № 4 (72). P.53**

For discussion, the problem of electric heating on ships and ships for safe navigation in the climatic conditions of the Arctic and Far Eastern seas is proposed. Fig.5. Bibliography 14 titles.

UDC 002 **Keywords:** diesel engines, import substitution, propulsion systems

**K.E. Elizarov. A brief overview of the stationary engine market for the small fleet. Proposals of domestic enterprises // Morskoy Vestnik. 2019. № 4 (72). P.58**

Introduces the development of stationary engines for the small fleet at Russian enterprises, in particular Vineta JSC. The characteristics of a prototype of a converted diesel engine based on automobile engines of Diesel JSC of the YaMZ-534 and YaMZ-536 models with power up to 260 and up to 450 hp are presented. T.1. Fig.2.

UDC 629.5.035–233.1: 624.042.6 **Keywords:** ship shaft line, strength calculation, shaft bending, stern bearing

**G.A. Kushner, V.A. Mamontov. Improving the methodology for calculating the static strength of the shaft shaft elements // Morskoy Vestnik. 2019. № 4 (72). P.62**

The problems of calculating the strength of the vessel shaft system are considered. A technique is proposed for calculating the stress-strain state of the propeller shaft, taking into account the elastic properties and length of the stern bearing. Graphs of the shape of the bending of the shaft, the distribution of bending moment and cutting force along the length of the shaft are obtained. It is concluded that it is possible to use the methodology when designing a ship shaft line system. Fig.5. Bibliography 3 titles.

UDC 629.553 **Keywords:** ship (vessel), fire warning, assessment, IPR

**V.A. Kolesnik, V.N. Krugleevsky, A.V. Markovskiy, M.V. Markovskiy. Improving the effectiveness of fire hazard assessment tools in ship compartments when using an electric induction fire detector (IPEI) in their composition // Morskoy Vestnik. 2019. № 4 (72). P.64**

The problem of ensuring the fire safety of ships and ships is complex and provides for various interconnected ways to solve it. A review is given of promising means to assess the pre-fire situation in the ship compartment when the fire has not yet begun. Particular attention is paid to one of these devices, namely, an electric induction fire detector (IPEI). Brief information is given on the results of his full-scale tests on special stands and on

the existing ships of the fleet. An assessment of the possibility of its application with appropriate revision as part of promising integrated fire safety systems is given. T.1. Fig.13. Bibliography 3 titles.

UDC 536.2.01 **Keywords:** virtual tests, thermal calculation, finite element method

**B.Yu. Semenov, R.N. Kodryan, O.F. Vorob'yov, A.V. Bondarets. Modeling the heat transfer flow for predicting the temperature of electronic components in environments with elevated ambient temperatures // Morskoy Vestnik. 2019. № 4 (72). P.71**

A new approach to SPF Meridian JSC is considered to study the issues of ensuring the thermal regime of products – virtual thermal testing of products. This approach is a simulation of thermal processes occurring in structures over time, which allows us to speak not about thermal calculations of individual structural elements, but about the study of the heat release process of the whole structure as a whole. The advantages of the new approach are investigated in comparison with the «classical» methods for calculating the thermal regime of structures. It is concluded that the approach is promising and the need for its full implementation in the production cycle of the enterprise. Fig.3.

UDC 629.123.56:539.38 **Keywords:** unified technological platform, information technology, integrated navigation system, software architecture, software interface, independently compiled software module – plugin

**I.V. Bednyakov, V.V. Efimov, D.Yu. Sarychev, F.V. Sushchinsky. The Monsoon Platform – New Opportunities for Creating Ship Integrated Navigation Systems // Morskoy Vestnik. 2019. № 4 (72). P.74**

The results of the development work «Development of a unified technological platform of a new generation of shipboard integrated navigation systems» are considered. The information on the main decisions on the creation of the Monsoon platform is given. The characteristic of information technologies is given, allowing to use the Monsoon platform as a tool and at the same time the technological core of shipboard integrated navigation systems. Fig.5. Bibliography 12 titles.

UDC 681.5 **Keywords:** computer modeling, software debugging, virtual environment, control system model, control object model

**K.Yu. Shilov, S.V. Fedorov, K.O. Strokin. Technology for debugging software for shipboard automated control systems based on computer modeling // Morskoy Vestnik. 2019. № 4 (72). P.81**

The role and place of complex mathematical models of control objects in the process of developing new products are presented. One of the key areas for reducing the cost of design work through the use of modern information technologies is reflected. The technology of computer simulation of control systems in a virtual environment for debugging functional software is described. T.1. Fig.3. Bibliography 4 titles.

UDC 681.322–181.48:629.12 **Keywords:** simulator, training, training, operator, learner, standard, module, architecture, action, error, system, mode, control, remote control, script, table, task

**V.V. Kobzev, V.V. Ivanitsky, Yu.N. Sizov. The use of onboard simulators for the training of ship operators in the specialty // Morskoy Vestnik. 2019. № 4 (72). P.83**

Issues related to the use of flight simulators (BT) for the training of ship operators in the specialty are considered. Various options for integrating BT into integrated control systems for technical means are described: as part of a backup console and on a separate rack. The advantages and disadvantages of each option are given. The presence of a new information element as part of the BT module of the reference scenarios is noted. The

technology for creating such a module is described. Fig.4. Bibliography 5 titles.

UDC 621.396.67 **Keywords:** systematic error of course system, tactical group of surface ships, bearing to interacting ship, the satellite navigation, the backward geodesy task, integral processing of information

**G.A. Korzhavin, Yu.F. Podoplyokin, O.G. Maltsev. Estimation of the systematic errors of course systems of the tactical group of interacting surface ships // Morskoy Vestnik. 2019. № 4 (72). P.88**

A possibility of determination of systematic errors, caused by slow altering errors of the course systems, in bearings measurements to sea emission target detected by the passive radars of the tactical group interacting surface ships is investigated. This possibility is based on the information integral processing of direction finding station of system for information mutual exchange and orientation and navigation systems, providing high-precision positioning of interacting ships by methods of satellite navigation. The settlement data and the results of a statistical modeling of developed algorithms on the computer are given. T.2. Bibliography 5 titles.

UDC 004.056.53 **Keywords:** information security, information security violator, unauthorized access, confidential information, model, industrial enterprises

**V.G. Eryshov, R.D. Kulikov, D.A. Bogdanov. Modeling the process of unauthorized access to confidential information at the enterprises of the industrial sector // Morskoy Vestnik. 2019. № 4 (72). P.93**

The developed model is described, which allows obtaining the probabilistic-temporal characteristics of an information security violator regarding unauthorized access to confidential information at industrial enterprises with variable input data of incoming and outgoing event flows of the process under study. The model was developed as part of measures to increase the effectiveness of the integrated information security system at Armalit JSC. Fig.3.

UDC 517.9:629.5 **Keywords:** shipbuilding, marine engineering, non-stationary dynamics, basis, calculations

**Yu.I. Nechaev. Unsteady dynamics of emergency computing in shipbuilding and marine engineering // Morskoy Vestnik. 2019. № 4 (72). P.99**

The theoretical basis and conceptual solutions for the implementation of non-stationary dynamics in shipbuilding and marine engineering are considered. The non-stationary dynamics modeling strategy determines the construction and interpretation of the behavior of marine dynamic objects (MDO) in extreme situations in the software package of the decision support system (DPR). The practical application of the developed computing technology is focused on the use of large amounts of data in artificial intelligence systems (SI), virtual training grounds and laboratories operating in emergency computing mode (Urgent Computing – UC). The dynamic model of the modern theory of disasters (STK) is implemented on the basis of a multifunctional computing complex (MVK) that integrates intelligent technologies and high-performance computing in new generation artificial intelligence systems (SRI). Fig.5. Bibliography 13 titles.

UDC 629.153 **Keywords:** marine activities, region, rating  
**L.M. Klyachko, V.V. Dudarenko. Rating estimates of the development of marine activities of the regions of the Russian Federation // Morskoy Vestnik. 2019. № 4 (72). P.103**

The results of rating assessments of marine activities in the regions of the Russian Federation, based on the comparative method, are analyzed. The main indicators for the rating of marine activities are proposed. This allows you to assess the level of marine activity in its individual areas in dynamics. T.2. Fig.1. Bibliography 2 titles.

UDC 629.541.2:629.5.016 **Keywords:** high-speed passenger transportation, high-speed passenger vessel, displacement high-speed vessel, energy efficiency of high-speed passenger vessel

**M.A. Smirnov. Fast passenger ships: transport, technical and operational aspects // Morskoy Vestnik. 2019. № 4 (72). P.108**

The features of passenger transportation using high-speed vessels are considered, the position of high-speed passenger vessels and transportation on the world and Russian markets is described, the approximate number and composition of the domestic passenger high-speed fleet is given, development trends of high-speed passenger shipbuilding are indicated. Based on statistical data on high-speed passenger ships, a range of technical and design characteristics characteristic of them has been formulated. A comparative analysis of the technical and operational indicators of high-speed passenger ships with various methods of movement and architectural and structural types in order to select the most effective of them. T.1. Fig.17. Bibliography 15 titles.

UDC 557 **Keywords:** electronic navigation sextant, JSC Marine Navigation Systems

**P.O. Astakhov, F.V. Kuzin. Electronic navigational sextant // Morskoy Vestnik. 2019. № 4 (72). P.114**

The device of the electronic navigational sextant, which was finalized by MNS JSC and the German company «Cassens & Plath», is considered. Its advantages are given. Fig.1. Bibliography 2 titles.

UDC 627.772 **Keywords:** safety, water bodies, emergency, accident rate, search and rescue service, concept, search and rescue equipment, rescue station, program

**O.I. Arishina, Yu.L. Danchuk, L.A. Promyslov, V.N. Ilykhin. On the need to adopt the concept of developing a security system for water bodies in St. Petersburg // Morskoy Vestnik. 2019. № 4 (72). P.115**

The issues of the state and development of the security system at water bodies, the main sources of security threats, the main directions and mechanisms, as well as the main stages and results of the implementation of the Concept for the development of a security system at water bodies of St. Petersburg are considered. T.2. Fig.5. Bibliography 8 titles.

UDC 629.5 **Keywords:** G.L. Prosyankin, biography, 100th anniversary

**V.S. Nikitin, A.N. Miroshnikov. The path drawn by fate. On the occasion of the 100th anniversary of G.L. Prosyankin // Morskoy Vestnik. 2019. № 4 (72). P.121**

A brief biography of one of the founders of the nuclear submarine fleet G.L. Prosyankin. Fig.1.

UDC 061.43:623.8 **Keywords:** PAAMES, AMEC, conference, plan

**K.V. Rozhdstvensky. PAAMES/AMEC 2020 starts in St. Petersburg on September 28, 2020 // Morskoy Vestnik. 2019. № 4 (72). P.122**

Information about the Pan-Asian Association of Marine Engineering Societies (PAAMES) – the Advanced Marine Engineering Conference in St. Petersburg, its preparation and plans. Fig. 2.

UDC 629.5 **Keywords:** St. Petersburg Sea Assembly, creation, history

**G.A. Grebenshchikova. Saint-Petersburg Maritime Assembly. 110 years in the service of the Fatherland // Morskoy Vestnik. 2019. № 4 (72). P.124**

The story of the creation of the Saint-Petersburg Maritime Assembly is described in detail. His goals are announced, the main events and tasks are indicated. Fig.1.