

# Морской



№1(73)

м а р т

2 0 2 0

ISSN 1812-3694

# Вестник

*Morskoy Vestnik*



САНКТ - ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
МОРСКОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

**СПбГМТУ - 90 ЛЕТ  
УЧИМ СТРОИТЬ КОРАБЛИ!**





**Н**а Выборгском судостроительном заводе (входит в ОСК) состоялась церемония спуска на воду второго серийного траулера-процессора «Белое море» пр. КМТ01, строящегося по заказу АО «Архангельский траловый флот» (входит в НП «Северо-Западный рыбопромышленный консорциум»).

ПАО «Выборгский судостроительный завод» ведет строительство четырех новейших крупнотоннажных рыбопромысловых судов этого проекта для АО «Архангельский траловый флот». Траулер «Белое море» был заложен на Выборгской верфи 25 мая 2018 г. Все траулеры этой серии находятся на различных стадиях строительства, головное судно «Баренцево море» – на завершительном этапе и будет сдано заказчику в 2020 г.

Траулер «Баренцево море» (зав. № 935), спущенное на воду 5 декабря 2018 г., стало первым в истории полнокомплектным крупнотоннажным рыбопромысловым судном, построенным на верфи России. Первое серийное судно «Норвежское море» (зав. № 936) спустили в мае 2019 г.

Строительство судов ведется в рамках действия Программы инвестиционных квот, стимулирующих размещение на отечественных верфях заказов на рыбопромысловые суда. По состоянию на февраль 2020 г. завод параллельно строит восемь крупнотоннажных рыбопромысловых судов. Каждое судно пр. КМТ01 будет оснащено современным траловым комплексом последнего поколения и фабрикой по переработке рыбы, что позволит на судне обрабатывать до 160 т сырья в сутки. Траулер пр. КМТ01 размерами 86×17 м будет иметь ледовый класс Ice3 с усилением корпуса до класса Arc4 и предназначен для работы в Северном рыбохозяйственном бассейне. Установленная на борту автоматизированная фабрика и ры-

## НА ВЫБОРГСКОМ СУДОСТРОИТЕЛЬНОМ ЗАВОДЕ СПУЩЕН НА ВОДУ ВТОРОЙ СЕРИЙНЫЙ ТРАУЛЕР-ПРОЦЕССОР

**ПАО «Выборгский судостроительный завод»,  
контакт. тел. +7 (813 78) 99 798**



*Траулер-процессор «Белое море» перед спуском на воду*

бомуточная установка предназначены для выпуска филе, рыбьего жира, рыбной муки и консервов.

Во время церемонии спуска на воду траулера «Белое море» выступил генеральный директор Выборгского судостроительного завода А.С. Соловьев: «Это уже третье судно в серии. Для нас это очередной трудовой подвиг, – сказал он. – Я уверен, что нас ждут новые достижения в будущем. Желаю этому замечательному судну семь футов под килем, а нам всем – дальнейших трудовых успехов и хорошей работы!» ■



*Проектное изображение траулера-процессора  
пр. КМТ01*



*Выступает генеральный директор ПАО «Выборгский  
судостроительный завод» А.С. Соловьев*

ПАО «Выборгский судостроительный завод» (входит в состав ОСК) – одно из крупнейших судостроительных предприятий, расположенных в Северо-Западном регионе России. С момента основания (1948 г.) верфь построила около 250 судов различного назначения, 9 морских буровых платформ и 105 модулей верхних строений платформ для разработки нефтегазовых месторождений. Суммарное водоизмещение построенных судов – 1 550 000 т.

# Морской Вестник



№ 1 (73)

м а р т

2 0 2 0

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. Туричин, ректор СПбГМУ

### 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 Выборгском судостроительном заводе спущен на воду второй серийный траулер-процессор .....                                                 | 1  |
| Г.А. Туричин. Санкт-Петербургскому государственному морскому университету – 90 лет. Будет Корабелка – будут корабли .....                    | 7  |
| А.Г. Егоров. Анализ распределения площадей на речных круизных пассажирских судах при модернизации и конверсии .....                          | 11 |
| А.Ю. Баранов, Л.В. Иванов. Конструкционный анализ типов корпусов криогенных барж-резервуаров хранения СПГ .....                              | 17 |
| В.В. Шаталов. Конструкторское бюро «Вымпел» – 90 лет на рынке проектирования судов .....                                                     | 23 |
| М.А. Александров, А.Г. Богданов, Д.А. Скороходов. Формирование информационных систем контроля качества изделий судового машиностроения ..... | 29 |
| Р.Н. Караев. Мегаблочное формирование нефтяных стационарных платформ в условиях Каспийского моря. Часть 1 .....                              | 32 |
| Д.Е. Цыганков. Краткие итоги деятельности АО «ЦМКБ «Алмаз» в 2019 году .....                                                                 | 39 |

### ТЕХНОЛОГИЯ СУДОСТРОЕНИЯ, СУДОРЕМОНТА И ОРГАНИЗАЦИЯ СУДОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

|                                                                                                                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| А.И. Миронов. Ремонт по техническому состоянию кораблей и судов ВМФ. Взгляд разработчика ремонтной документации .....                                        | 43 |
| А.М. Романов. Оптимизация бизнес-процессов посредством создания центров финансовой ответственности (центров затрат) в рамках внедрения КСУ .....             | 44 |
| И.Л. Вайсман. Системное решение проблемы оздоровления и развития ОПК.. 49 «Средне-Невский судостроительный завод» инновации в гражданском судостроении ..... | 53 |
| А.В. Иванкович. Теория физической экономики как альтернатива денежной цивилизации .....                                                                      | 55 |

### СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И ИХ ЭЛЕМЕНТЫ

|                                                                                                                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Н.П. Мартынову – 70 лет .....                                                                                                                                                 | 59 |
| Л.Г. Кузнецов, А.В. Бураков, Д.С. Михайлов, А.В. Тикалов, И.С. Толокнова. Применение дожимающих мембранных компрессорных установок для технических газов на заказах ВМФ ..... | 61 |
| Ван Мынг Ву, Б.Б. Чернов, А.М. Нугманов, Л.Ю. Фирсова. Катодная защита морских сооружений, удаленных от стационарных источников электроснабжения .....                        | 63 |
| А.Р. Тогуниц, С.Л. Анчиков, Л.И. Вишневский. Перспективы применения импульсных установок с электрической передачей мощности на соосные гребные винты .....                    | 66 |
| А.А. Копаневу – 70 лет .....                                                                                                                                                  | 73 |
| В.А. Зинков, В.М. Медунецкий. Методика проектирования и расчета зубчатых передач из конструкционных полимерных композиционных материалов .....                                | 74 |
| В.А. Хомяк, В.В. Калужный, В.Н. Куракин. Электропривод для стабилизации натяжения морских и речных буксирных, швартовных и якорных лебедок .....                              | 76 |





**Н. И. Варминская.** Динамика трехзвенного антропоморфного упругого манипулятора при оптимальном управлении движением ..... 82

## ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

- К. Ю. Шилов.** Современное состояние и направления развития АО «Концерн «НПО «Аврора» ..... 86
- К. Ю. Шилов.** О программе импортозамещения электронной компонентной базы в изделиях АО «Концерн «НПО «Аврора» ..... 90
- Д. А. Кондратьев, А. Г. Юрескул.** Интеллектуальные системы диагностирования судового электрооборудования ..... 92
- М. В. Костына, Н. Я. Щербина.** О совершенствовании системы предупреждения аварийности на морских объектах ..... 97
- И. В. Бедняков, В. В. Ефимов, Д. Ю. Сарычев.** Построение судовой интегрированной навигационной системы на базе платформы «Муссон» ..... 101
- В. Г. Ерышов, Р. Д. Куликов, Д. А. Богданов, К. В. Балицкая.** Модель процесса защиты информации в информационных системах промышленных предприятий от несанкционированного доступа ..... 103
- Ю. И. Нечаев.** Цифровая модель распределенного интеллекта при поддержке управленческих решений ..... 107

## ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА, СУДОВОЖДЕНИЕ

- К. А. Смирнов, Н. А. Нестеров, Р. А. Андреюк.** АО «МНС»: Опыт оснащения судов гидрографическим оборудованием ..... 111
- Ф. Ш. Габбасов, С. И. Бабич.** Принцип действия поверочного стенда для секстана с двумя степенями свободы большого зеркала ..... 114
- Г. А. Пелехов.** Анализ российских и международных требований к расчетам крепления палубного груза пакетированных пиломатериалов ..... 116

## ИСТОРИЯ СУДОСТРОЕНИЯ И ФЛОТА

- Б. А. Барбанель, В. Н. Половинкин, С. В. Федюлов, Н. Н. Мизиркина.** Рационализаторская работа на Мурманском судоремонтном заводе в годы Великой Отечественной войны (1942–1945) ..... 118
- О. В. Третьяков, Д. Ю. Литинский.** Становление военного кораблестроения в Китайской Народной Республике ..... 122

## В АССОЦИАЦИИ СУДОСТРОИТЕЛЕЙ

- Итоги совместного собрания Ассоциации судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области и Секции по судостроению Морского Совета при Правительстве Санкт-Петербурга** ..... 125

## В МОРСКОМ СОБРАНИИ

- Г. А. Гребенищикова.** 50-я ассамблея Санкт-Петербургского Морского Собрани ..... 127

### Главный редактор

**Э. А. Конов,** канд. техн. наук

**Зам. главного редактора**

**Д. С. Глухов**

Тел./факс: (812) 6004586

Факс: (812) 3124565

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.perchen.vak2.ed.gov.ru](http://www.perchen.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 № 222

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

№ 1 (73)

March

2020

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 SPMD 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. Kopanev**, General Director  
JSC SPF Meridian

**G.A. Korzhavin**, General Director  
JSC Concern Granit-Elektron

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

**L.G. Kuznetsov**, 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 DO Vypel

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

JSC Concern SPA Aurora

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

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

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

PIJSC Vyborg Shipyard

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

JSC Pumori-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

|                                                                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>Second serial traveler processor launched at Vyborg Shipyard</i> .....                                                                              | 1  |
| <b>G.A. Turichin</b> . Saint-Petersburg State Marine Technical University – 90 years.<br><i>There will be a University – there will be ships</i> ..... | 7  |
| <b>A. G. Egorov</b> . Analysis of the distribution of space on river cruise passenger<br>ships during modernization and conversion .....               | 11 |
| <b>A. Yu. Baranov, L. V. Ivanov</b> . Structural analysis of the types of hulls<br>of cryogenic barge storage tanks for LNG .....                      | 17 |
| <b>V. V. Shatalov</b> . Vypel Design Bureau – 90 years on the ship design market .....                                                                 | 23 |
| <b>M.A. Aleksandrov, A. G. Bogdanov, D.A. Skorokhodov</b> . Formation<br>of information systems for quality control of ship engineering products.....  | 29 |
| <b>R. N. Karaev</b> . Megablock formation of stationary oil platforms<br>in the Caspian Sea. Part 1 .....                                              | 32 |
| <b>D. E. Tsygankov</b> . Brief results of the activities of JSC Almaz CMDB in 2019 .....                                                               | 39 |

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

|                                                                                                                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>A. I. Mironov</b> . Repair on the technical condition of ships and ships of the Navy.<br><i>The view of the developer of repair documentation</i> .....                            | 43 |
| <b>A. M. Romanov</b> . Optimization of business processes through the creation<br>of financial responsibility centers (cost centers) as part of the implementation<br>of the KSU..... | 44 |
| <b>I. L. Vaisman</b> . Systemic solution to the problems of rehabilitation<br>and development of the defense industry .....                                                           | 49 |
| <i>Sredne-Nevisky Shipbuilding Plant – innovations in civil shipbuilding</i> .....                                                                                                    | 53 |
| <b>A. V. Ivankovich</b> . The theory of physical economics as an alternative<br>to monetary civilization .....                                                                        | 55 |

### SHIP POWER PLANTS AND THEIR ELEMENTS

|                                                                                                                                                                                                         |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>N. P. Martynov – 70 years</i> .....                                                                                                                                                                  | 59 |
| <b>L. G. Kuznetsov, A. V. Burakov, D. S. Mikhailov, A. V. Tikalov, I. S. Toloknova</b> .<br><i>The use of booster membrane compressor units for technical gases on the orders<br/>of the Navy</i> ..... | 61 |
| <b>V. M. Vu, B. B. Chernov, A. M. Nugmanov, L. Yu. Firsova</b> . Cathode protection<br>of marine structures away from stationary electrical supply sources .....                                        | 63 |
| <b>A. R. Togunjac, S. L. Anchikov, L. I. Vishnevsky</b> . Prospects for the use<br>of propulsion systems with electric power transmission to coaxial propellers .....                                   | 66 |
| <i>A. A. Kopanev – 70 years</i> .....                                                                                                                                                                   | 73 |
| <b>V. A. Zinkov, V. M. Medunetsky</b> . Methods of designing and calculating gears<br>from structural polymer composite materials.....                                                                  | 74 |
| <b>V. A. Khomyak, V. V. Kalyuzhny, V. N. Kurakin</b> . Electric drive to stabilize<br>the tension of sea and river towing, mooring and anchor winches .....                                             | 76 |
| <b>N. I. Varminskaya</b> . Dynamics of a three-link anthropomorphic elastic manipulator<br>with optimal motion control.....                                                                             | 82 |





## INFORMATION-MEASURING AND MANAGEMENT SYSTEMS

|                                                                                                                                                                                                         |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>K. Yu. Shilov.</b> Current status and development directions of JSC Concern Aurora SPA .....                                                                                                         | 86  |
| <b>K. Yu. Shilov.</b> About the program of import substitution of electronic component base in products of JSC Concern SPA Aurora .....                                                                 | 90  |
| <b>D. A. Kondrat'ev, A. G. Yureskul.</b> Intellectual diagnosticsystems of marine electrical equipment .....                                                                                            | 92  |
| <b>M. V. Kostyna, N. Ya. Shcherbina.</b> On improving the accident prevention system at offshore facilities .....                                                                                       | 97  |
| <b>I. V. Bednyakov, V. V. Efimov, D. Yu. Sarychev.</b> Construction of a ship integrated navigation system based on the Monsoon platform.....                                                           | 101 |
| <b>V. G. Eryshov, R. D. Kulikov, D. A. Bogdanov, K. V. Balitskaya.</b> A model of the process of protecting information in information systems of industrial enterprises from unauthorized access ..... | 103 |
| <b>Yu. I. Nechaev.</b> Digital model of distributed intelligence with the support of management decisions.....                                                                                          | 107 |

## OPERATION OF WATER TRANSPORT, SHIP NAVIGATION

|                                                                                                                                                           |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>K. A. Smirnov, N. A. Nesterov, R. A. Andreiuk.</b> JSC MNS: Experience in equipping ships with hydrographic devices.....                               | 111 |
| <b>F. Sh. Gabbasov, S. I. Babich.</b> The principle of operation of a calibration bench for a sextant with two degrees of freedom of a large mirror ..... | 114 |
| <b>G. A. Pelekhov.</b> Analysis of Russian and international requirements for calculations of fastening deck cargo of packaged lumber .....               | 116 |

## THE HISTORY OF SHIPBUILDING AND FLEET

|                                                                                                                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>B. A. Barbanel, V. N. Polovinkin, S. V. Fedulov, N. N. Mizirkina.</b> Rationalization work at the Murmansk Shipyard during the Great Patriotic War (1942–1945)..... | 118 |
| <b>O. V. Tret'yakov, D. Yu. Litinsky.</b> The formation of military shipbuilding in the People's Republic of China.....                                                | 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> | 125 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

## IN THE MARITIME ASSEMBLY

|                                                                                                       |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>G. A. Grebenshchikova.</b> 50 <sup>th</sup> Assembly of the Saint-Petersburg Maritime Assembly.... | 127 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

### Editor-in-Chief

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

### Deputy Editor-in-Chief

**D. S. Glukhov**

Phone/Fax: +7 (812) 6004586

Fax: +7 (812) 3124565

E-mail: morvest@gmail.com

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

### Editor

**T. I. Ilyichiova**

### Design, imposition

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

### Editorial office

office 13H, 84, Nab. r. Moyki,

190000, St. Petersburg

The magazine is registered by RF Ministry of Press,

TV and Radio Broadcasting and Means of Mass

Communications, Registration Certificate

ПИ № 77-12047 of 11 march 2002

### Founder-Publisher

JSC Publishing House «Mor Vest»

office 13H, 84, Nab. r. Moyki,

190000, St. Petersburg

### The magazine electronic version

is placed on the site LLC «Nauchnaya elektronnyaya

biblioteka» www.elibrary.ru and is also included to the

Russian index of scientific citing

**By the decision of the Council of VAK** the Morskoy

Vestnik magazine is entered on the list of the leading

scientific magazines and editions published in the

Russian Federation where basic scientific outcomes of

doctoral dissertations shall be published.

www.perechen.vak2.ed.gov.ru

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

using the catalogue of «Rospechat» agency (subscription

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

Morvest Publishing House

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

Circulation 1000. Order № 222

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

**Л**егендарный Санкт-Петербургский морской технический университет петербуржцы привычно называют Корабелкой. Почти век тому назад в Петербурге, колыбели российского судостроения, появилась высшая школа морских инженеров. Все началось с Кораблестроительного факультета Политехнического института, который в апреле 1930 г. был преобразован в Ленинградский кораблестроительный институт (ЛКИ), а в 1992 г. – в Санкт-Петербургский государственный морской технический университет.

ЛКИ–СПбГМТУ всегда бережно хранил лучшие традиции отечественного судостроения, повлиявшие на формирование того инженерного мышления, которое до сих пор во многом определяет развитие российского кораблестроения. Каким входит университет в третье десятилетие XXI в.? В преддверии 90-летия вуза корреспондент журнала «Морской вестник» побеседовал с ректором СПбГМТУ, доктором технических наук Глебом Андреевичем Туричиным.

– *Принято считать, что 50–90 годы XX века были «золотым веком» Корабелки и в целом судостроительной промышленности нашей страны. Потом, после крушения СССР, был длительный спад, негативно отразившийся и на деятельности вуза. Каково сейчас положение дел в университете?*

– Сегодня СПбГМТУ – ведущий технический университет, который готовит кадры и проводит научные исследования в интересах судостроения, других отраслей промышленности и национальной экономики. Наш вуз – это высшая инженерная школа, мы сохранили классическую инженерную подготовку, успешная реализация которой совместно с использованием инновационных методик и решений, создает уникальную для российского образовательного пространства систему отраслевого инженерного образования, ориентированного на нужды промышленности. У нас, действительно, замечательная история и немало достижений в настоящем. Университет гордится своими выпускниками, в числе которых – выдающиеся отечественные кораблестроители, видные советские и российские политики, деятели культуры. В течение минувшего столетия наши выпускники обеспечивали обороноспособность и надежность одного из самых мощных флотов мира.

Сейчас в СПбГМТУ принят подход, в основе которого – тесная связь с промышленностью и опора на мощные междисциплинарные научно-образовательные структуры, работающие на высшем мировом уровне. Мы

## **САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОМУ ГОСУДАРСТВЕННОМУ МОРСКОМУ ТЕХНИЧЕСКОМУ УНИВЕРСИТЕТУ – 90 ЛЕТ**

### **БУДЕТ КОРАБЕЛКА – БУДУТ КОРАБЛИ**

**Г.А. Туричин**, д-р техн. наук, проф., ректор СПбГМТУ,  
office@smtu.ru



считаем, что учить студентов должны профессионалы высокого уровня, непосредственно определяющие этот самый мировой уровень своими работами, что позволяет нам развиваться на базе передовых сквозных технологий и успешно работать над решением крупномасштабных научно-технических проблем. Такой подход требует создания новых организационных форм, необходимых для реализации комплексных инженерных проектов.

– *Что входит в программу перспективного развития СПбГМТУ?*

– В разработанную в соответствии с государственной программой повышения конкурентоспособности российского образования программу развития нашего вуза входит обширный комплекс мер. В их числе:

- повышение качества, обеспечение престижности и конкурентоспособности инженерной подготовки;
- эффективная интеграция передовых образовательных и наукоемких технологий;
- выполнение фундаментальных и прикладных научных исследований на мировом уровне во всем диапазоне направлений, востребованных в судостроении и родственных отраслях промышленности;
- развитие отраслевой системы опережающей подготовки научно-технических кадров нового поколения,

обладающих компетенциями в инновационных сферах деятельности;

- разработка и внедрение передовых наукоемких сквозных технологий, коммерциализация результатов научной деятельности и трансфер технологий в промышленность;
- развитие инфраструктуры вуза, его учебно-лабораторной, научной и социально-бытовой базы.

– *Как выстроен учебный процесс в университете? Существуют ли какие-то приоритеты в научных направлениях?*

– Учебный процесс СПбГМТУ объединяет все образовательные уровни: среднее профессиональное образование (первый в РФ кораблестроительный колледж), бакалавриат, специалитет, магистратуру, докторантуру и дополнительное профессиональное образование. В частности, высшее образование включает в себя 74 образовательные программы, 39 из них входят в курс подготовки бакалавров, 29 – магистров и 6 – специалистов. Широкий спектр программ сочетается с высоким качеством образования, уровень которого подтвержден экспертами Международного института морских инженеров (Лондон, Великобритания) и самим фактом признания дипломов СПбГМТУ в странах Западной Европы и США.

Фокусируя свое внимание на современных технических достижениях, основополагающих мировых технологических трендах, основных направлениях модернизации и развития судостроения и высокотехнологичных секторов национальной экономики, а также на инновационном потенциале Северо-Западного Федерального округа, вуз выделил как приоритетные следующие научные направления:

- ходовые, мореходные, маневренные, вибрационные и акустические свойства судов различных типов и других объектов, методы их проектирования, постройки и ремонта;
- имитационное моделирование с внедрением искусственного интеллекта;
- информационно-измерительные автоматические системы навигации,



управления, обнаружения, поиска, классификации и наведения движущихся объектов, морская робототехника;

- информационные и телекоммуникационные технологии, интеллектуальные системы в судостроении;
- методы и технические средства изучения и освоения Мирового океана и Арктического региона;
- лазерные и сварочные технологии, аддитивные технологии, промышленная робототехника в судостроении;
- физико-технические и технологические проблемы энергетики морской техники, энергетических установок и устройств, новых и возобновляемых источников энергии, включая водородную энергетику.

Интеграция вуза с судостроительными предприятиями и оборонно-промышленным комплексом, известные научные школы, высочайшая квалификация научно-исследовательского персонала, инновационная направленность НИОКР – ключевые условия развития научных направлений. Результаты НИОКР, полученные совместно с предприятиями-заказчиками, в том числе в ходе реализации федеральных целевых программ, оказывают существенное влияние на профилирующие направления подготовки специалистов. При этом любой научный результат в кратчайшие сроки становится важным элементом учебного процесса СПбГМТУ.

*– В чем особенность образовательных технологий, используемых в университете?*

– Процесс обучения в СПбГМТУ включает в себя целый ряд современных образовательных технологий. Среди них выделяю основные:

- в первую очередь, наши студенты непосредственно участвуют в исследованиях и разработках, проводимых ведущими учеными и инженерами в институтах и лабораториях Корабелки;
- в этом году в учебные планы наших студентов мы наконец вернули тот объем учебных часов по естественно-научным и общинженерным дисциплинам, которым гордилась Корабелка в советский период;
- ежегодная практика студентов, которая охватывает все уровни (от ознакомительной до преддипломной) и помогает сформировать у молодых людей профессиональную мотивацию, а также развить их практические навыки;
- система стажировок в России и за рубежом, позволяющая студентам участвовать в решении производственных задач конкретных предприятий в статусе постоянных работников;

- применение результатов научных исследований в учебном процессе, обеспечивающее постоянную актуализацию знаний.

Инженерная подготовка ориентирована не столько на компетенции, сколько на квалификации, которые обуславливают навыки практической деятельности. Каждый студент проходит индивидуальный цикл производственной практики в различных структурах одного предприятия, научно-исследовательского института или конструкторского бюро. Такая локация закрепляет умения учащихся, необходимые для конкретного производства, предоставляет молодым людям возможность зарабатывать деньги и получать новый опыт. Более того, при этом решается вопрос их будущего трудоустройства и профессиональной адаптации.

*– Каков процент иногородних в общей численности студентов, поступивших на первый курс бакалавриата и специалитета в 2019 году?*

– В университет для обучения на первом курсе всего (без учета заочной формы обучения) зачислено около 1900 человек. Из этого числа порядка 60% обучающихся приехало из других регионов. Процент иногородних в общей массе студентов в целом одинаков по всем направлениям и видам подготовки. В прошлом году продолжала развиваться тенденция увеличения студентов не из Петербурга. Следует сказать, что процент иногородних студентов в вузе за последние годы неуклонно растет. Корабелка снова становится все-российским вузом. Народ к нам опять потянулся. Что касается роста зачисленных на специалитет не петербуржцев – это выполнение запроса промышленности, которая, как известно, не в восторге от бакалавриата.

*– Вносит ли университет свой вклад в систему подготовки кадров для нужд военно-морского флота?*

– Военная подготовка в Корабелке, история которой началась с первых дней образования ЛКИ, ведется институтом военного образования (ИВО), состоящим из военного учебного центра (ВУЦ), научно-образовательного отдела (НОО) и военно-спортивного клуба (ВСК). Обучение происходит по программам подготовки офицеров по контракту с Минобороны РФ (для военной службы на офицерских должностях после окончания обучения), по программам подготовки офицеров, старшин и матросов запаса. Это значит, что молодые люди могут получать знания и умения не только по гражданским специальностям (морского инженера, юриста, экономиста и т. д.), но и военно-учетным специальностям

Минобороны РФ. Выпускникам ВУЦ присваивается соответствующее воинское звание, и после окончания вуза они могут приступить к трудовой деятельности.

Военно-спортивный клуб помогает сохранять и развивать морские традиции Корабелки. Морская практика ВУЦ включает в себя дальние штурманские походы, шлюпочные походы, шлюпочный парад Победы, международную шлюпочную регату «Весла на воду» и т. д. Сегодня на кораблях, подводных лодках и других объектах ВМФ, в частях и учреждениях Минобороны РФ достойно служат выпускники Корабелки, продолжая славную традицию своих предшественников.

*– Поговорим о международной деятельности вуза. Насколько у Корабелки широки и крепки зарубежные связи?*

– В последние годы университет активно развивает сотрудничество с зарубежными партнерами. Вуз осуществляет обучение иностранных учащихся по бакалаврским, магистерским и аспирантским программам, реализует специальные курсы для иностранных заказчиков по тематике судостроения и океанотехники, в том числе, по гидродинамике морских аппаратов, основам арктического судостроения и навигации, лазерным методам обработки материалов. Летом 2019 года эксперты британского Института морского инжиниринга, науки и технологии (ИМИНТ) аккредитовали сразу пять магистерских программ вуза. ИМИНТ – влиятельная международная организация, финансирующая научные разработки в сфере морских технологий и оценивающая качество подготовки работающих в данной области специалистов по всему миру. Студенты аккредитованных программ смогут претендовать на получение звания чартерного инженера.

СПбГМТУ регулярно организует масштабные международные научно-технические конференции по морской инженерной тематике и судостроению, двигателестроению и энергетике, передовым производственным технологиям, принимает участие в международных программах, содействующих научным исследованиям и разработкам, студенческим стажировкам и обменов.

Большое внимание уделяется программам академической мобильности, что дает возможность организовывать обучение студентов в европейских и азиатских вузах. В течение одного-двух семестров молодые люди знакомятся с культурными традициями других стран, повышают собственный уровень владения иностранными языками и приобретают полезный опыт.

Отдельно хочется отметить совместный проект вуза с немецкой службой академической мобильности (DAAD). Немецкая сторона финансирует обучение и научную работу студентов, выплачивает стипендии магистрантам и аспирантам университета.

Также департамент международного сотрудничества регулярно организует технические визиты лучших студентов СПбГМТУ в университеты-партнеры и ведущие судостроительные компании различных стран (Великобритания, Германия, Финляндия, КНР и др.), в том числе с организацией совместных семинаров и научных школ.

СПбГМТУ – участник международных проектов по программе «Erasmus+», внедряющей новые стратегии обучения инженеров с применением визуального моделирования и открытых учебных платформ, и проекта SIMREC по тренажерным системам моделирования разлива нефти.

В вузе действует программа Ли Бэйчжи – выпускника университета 1961 года и основателя известной компании «Синьхуа». В качестве благодарности и в знак уважения к alumnus ежегодно 20 лучших студентов факультета кораблестроения и океанотехники, а также факультета корабельной энергетики и автоматики получают стипендии общей суммой 50 тысяч долларов. Кроме того, партнеры СПбГМТУ вносят существенный вклад в стипендиальные программы вуза. Так, нашим основным промышленным партнером – Объединенной судостроительной корпорацией – для студентов установлена специальная стипендия имени Боклевского – основателя Корабелки. В университете также работает система финансовой поддержки, организованная ПАО «НК «Роснефть». Наряду со стипендиями для учащихся, она включает в себя гранты для преподавателей, которые занимаются научной деятельностью по направлениям, востребованным компаниями.

– Кого из научных зарубежных партнеров можно назвать в качестве коллег и единомышленников СПбГМТУ?

– В числе международных научно-образовательных центров-партнеров СПбГМТУ – Ганноверский университет имени Лейбница, Университет Бремена, Федеральный центр исследования и тестирования материалов, Ростокский университет (Германия); Институт морского инжиниринга, науки и технологии (Великобритания); Мадридский политехнический универ-

ситет (Испания); Университет Аалто и Лаппенрантский технологический университет (Финляндия); Институт технологии и управления им. Ганди (Индия); Китайский научно-исследовательский центр кораблестроения; Харбинский инженерный университет; Чжэцзянский океанический университет (КНР); университет Инха; Сеульский университет (Южная Корея); «Хитако» (Вьетнам); Шарифский технологический университет (Иран); Каспийский общественный университет (Казахстан); Технологический университет Малайзии, Университет Куала-Лумпур, Технологический университет Петронас (Малайзия); Технический университет г. Варны (Болгария); Северо-Западный политехнический университет (Китай); Океанический университет Цзянсу (Китай) и многие другие.

– Расскажите, пожалуйста, о выездном совещании Совета Безопасности России, которое состоялось в СПбГМТУ в январе этого года?

– Совещания Совбеза РФ проводятся в университете регулярно последние несколько лет и посвящены они реализации поручений Президента Российской Федерации В. В. Путина по вопросам подготовки кадров для судостроительной отрасли.

В январском совещании под председательством Секретаря Совета Безопасности Российской Федерации Николая Платоновича Патрушева приняли участие Полномочный представитель Президента РФ в Северо-Западном Федеральном округе Александр Гуцан, губернатор Санкт-Петербурга Александр Беглов, представители Минобороны, Минобрнауки России, Минпромторга России, Минэкономразвития России, Минкомсвязи России, Объединенной судостроительной корпорации, Росатома, Роскосмоса, Объединенной двигателестроительной корпорации, корпорации «Тактическое ракетное вооружение», ряда нефтяных компаний, руководители судостроительных заводов и научно-исследовательских институтов.

– Какие вопросы были в центре внимания участников совещания?

– Участники совещания обсудили дополнительные меры, направленные на повышение качества подготовки высококвалифицированных инженерных кадров для кораблестроительных и судостроительных предприятий России, а также специалистов для военно-морского флота страны. Отметив несомненные успехи Корабелки в образователь-

ной и научной деятельности, Николай Патрушев подчеркнул важность подготовки инженерных кадров в стране с целью обеспечения надежной безопасности и прогрессивного мирного развития России.

«В этих целях необходимо не просто увеличивать цифры приема, а серьезно, с участием бизнеса и работодателей заниматься развитием университетов и вузов в регионах, включая укрепление их учебной, исследовательской и социальной инфраструктуры, системы постоянной подготовки и повышения квалификации преподавателей», – подчеркнул Николай Патрушев, отметив, что руководство страны уделяет пристальное внимание развитию судостроительной отрасли, в частности, в декабре 2019 года Советом Безопасности определены дополнительные меры научного и кадрового обеспечения военного судостроения.

На совещании обсудили также создание условий для формирования на базе Санкт-Петербургского государственного морского технического университета опорного университета в области судостроения и подготовки кадров для кораблестроительных предприятий России. Заинтересованным федеральным ведомствам предложено актуализировать перечень специальностей и направлений подготовки кадров высшего образования с учетом потребностей судостроительных и кораблестроительных предприятий.

Кроме того, в ходе совещания были рассмотрены вопросы создания профориентационных центров на базе судостроительных вузов. Поставлены задачи по повышению проходного балла для абитуриентов, увеличению количества бюджетных мест, ликвидации дефицита квалифицированных кадров на предприятиях отрасли. Обсуждены возможности решения вопросов трудоустройства студентов еще в ходе их обучения в вузах, интеграции образования и промышленности.

Сегодня в условиях четвертой промышленной революции и острой конкуренции технических вузов традиционные модели инженерного образования нуждаются в пересмотре. Университет уже начал движение по этому пути – к вузу-интегратору образовательных, научных и производственных программ и процессов. Убежден, что к 100-летию юбилею Морской технической университет уверенно войдет в свой новый «золотой век» развития. ■



**Ф**лот отечественных речных круизных пассажирских судов (РКПС) стареет. Причем, как показывают исследования [1, 2], в первую очередь, морально. В последние годы значительно повысились требования туристов к комфорту на борту, что отразилось на темпах и объемах модернизационных работ. За последние пять лет было модернизировано более 30 отечественных речных круизных пассажирских судов (РКПС), из них 13 – существенно, с повышением уровня комфортабельности [3].

Тенденции на отечественном рынке вполне соответствуют европейскому, где с 2013 г. происходит рост числа круизов, прежде всего, за счет американских туристов [4]. Для европейского речного рынка в 2019 г. планируется сдать в эксплуатацию 20 новых круизных судов; в 2018 г. было сдано 10 РКПС и 3 судна было существенно модернизировано, включая одно переоборудование грузовой баржи [5].

Несмотря на увеличение количества модернизаций, еще не все работающие РКПС приведены в соответствие с требованиями, предъявляемыми к современным круизным судам. Поэтому при разработке проектов модернизации, да и новых РКПС, крайне важно иметь представление о реальной ситуации с пассажирскими каютами и общественными помещениями.

*Цель статьи* – определение закономерностей изменения распределения площадей помещений РКПС в результате модернизаций и конверсий на начальных стадиях проектирования.

Любая модернизация или конверсия РКПС при условии отсутствия проблем с техническим состоянием судна проводится с целью повышения комфортабельности. На таких судах повышение комфортабельности и приведение к современным стандартам обслуживания [1, 6] достигается за счет уменьшения пассажировместимости, в отличие от морских круизных пассажирских судов и лайнеров, для которых в большинстве своем возможно изменение габаритных размеров (рис. 1) [7, 8]. При этом также меняются распределение площадей и компоновка помещений.

Автором был выполнен анализ изменения распределения площадей палуб (табл. 1–6). В качестве объектов для исследования выбраны наиболее подходящие для модернизаций суда из первой (пр. 785, 26-37, 588, 305, 646, 860) и второй (пр. 301, 302, Q-040, Q-056, Q-065, 92-016) групп РКПС [9].

Наглядно изменение площадей и компоновки пассажирских кают представлено на рис. 2.

Примеры кают на модернизированных и конверсионных РКПС приведены на рис. 3–5.

Изменение площадей и компоновки ресторанного комплекса (увеличение общей площади, а также количества рес-

## АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОЩАДЕЙ НА РЕЧНЫХ КРУИЗНЫХ ПАССАЖИРСКИХ СУДАХ ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ И КОНВЕРСИИ

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

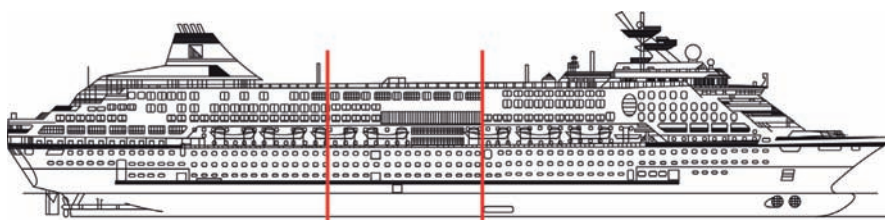


Рис. 1. Пример размерной модернизации морского круизного пассажирского судна [7]

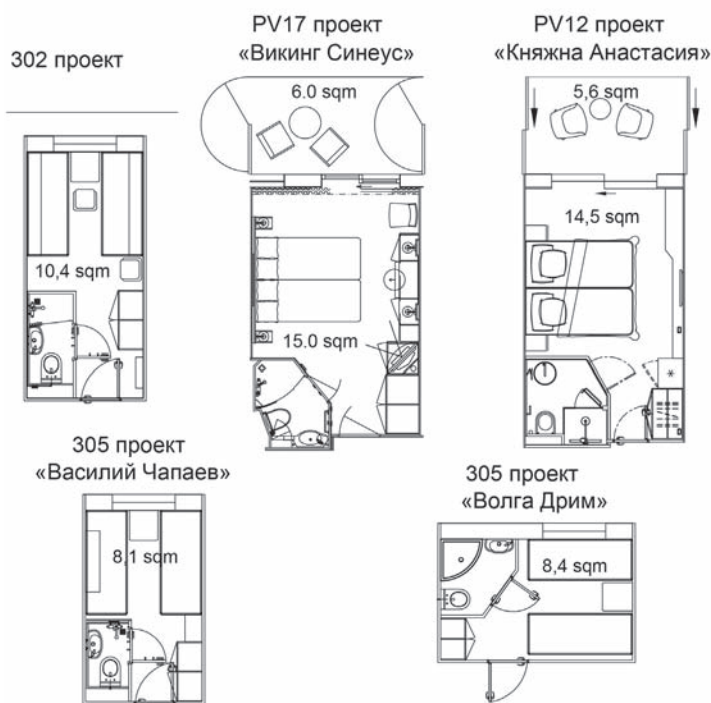


Рис. 2. Изменение площадей и компоновки пассажирских кают на РКПС первой (пр. 305) и второй групп (пр. 302)

торанов) на примере пр. 302 и его модификаций (пр. PV12, PV17 «Морского инженерного бюро») представлено на рис. 6.

Такие модернизации ресторанного комплекса характерны и для судов на европейском речном круизном рынке. Например, один из лидеров сегмента – круизная компания Nicko Cruises – в ущерб пассажироместимости в крайние годы



Рис. 3. Общий вид каюты на модернизированном т/х «А.С. Попов» (пр. 588) [10]



Рис. 4. Общий вид каюты на модернизированном т/х «Княжна Виктория» (пр. 301) [11]

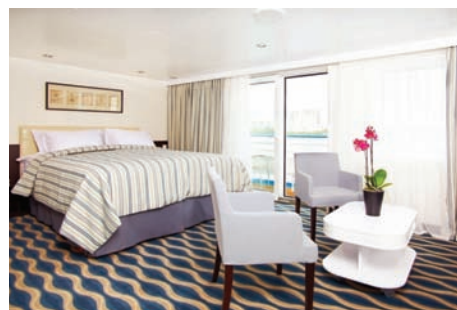


Рис. 5. Общий вид каюты на конвейерном т/х «Александр Грин» (пр. PV08) [11]

Таблица 1

Изменение распределения площадей палуб (первая группа судов, проекты 588, 305)

| Помещение                                           | Проект 588       |      |                          |      |                               |      |                |      | Проект 305       |      |                   |      |
|-----------------------------------------------------|------------------|------|--------------------------|------|-------------------------------|------|----------------|------|------------------|------|-------------------|------|
|                                                     | Исходный пр. 588 |      | PV06 (конверсия пр. 588) |      | «Русь Великая» (РЕГК.002-588) |      | «И.А. Крылов»  |      | Исходный пр. 305 |      | «Сергей Образцов» |      |
|                                                     | м <sup>2</sup>   | %    | м <sup>2</sup>           | %    | м <sup>2</sup>                | %    | м <sup>2</sup> | %    | м <sup>2</sup>   | %    | м <sup>2</sup>    | %    |
| Пассажиры каюты                                     | 751              | 19,4 | 735                      | 19,7 | 1095                          | 26,9 | 906            | 22,4 | 508              | 16,5 | 532               | 17,3 |
| Балконы пассажирских кают                           |                  |      |                          |      |                               |      | 55             | 1,4  |                  |      |                   |      |
| Рестораны                                           | 109              | 2,8  | 110                      | 2,9  | 158                           | 3,9  | 255            | 6,3  | 131              | 4,3  | 150               | 4,9  |
| Бары, салоны, кинотеатры                            | 243              | 6,3  | 245                      | 6,5  | 118                           | 2,9  | 158            | 3,9  | 172              | 5,6  | 172               | 5,6  |
| Прочие общественные помещения                       | 82               | 2,1  | 92                       | 2,5  | 14                            | 0,3  | 50             | 1,2  | 129              | 4,2  | 100               | 3,2  |
| Коридоры                                            | 204              | 5,3  | 217                      | 5,8  | 403                           | 9,9  | 348            | 8,6  | 230              | 7,5  | 225               | 7,3  |
| Вестибюли, лифты                                    | 199              | 5,1  | 157                      | 4,2  | 108                           | 2,7  | 111            | 2,7  | 186              | 6,0  | 186               | 6,0  |
| Палубные галереи                                    | 872              | 22,5 | 901                      | 24,1 | 965                           | 23,7 | 974            | 24,1 | 627              | 20,4 | 627               | 20,4 |
| Солярий                                             |                  |      | 137                      | 3,7  |                               |      |                |      | 150              | 4,9  | 150               | 4,9  |
| Каюта экипажа                                       | 434              | 11,2 | 404                      | 10,8 | 370                           | 9,1  | 365            | 9,0  | 211              | 6,9  | 201               | 6,5  |
| Общественные помещения (э)                          | 35               | 0,9  | 56                       | 1,5  | 49                            | 1,2  | 49             | 1,2  | 28               | 0,9  | 28                | 0,9  |
| Коридоры (э)                                        | 124              | 3,2  | 98                       | 2,6  | 132                           | 3,2  | 132            | 3,3  | 35               | 1,1  | 35                | 1,1  |
| Машинные помещения                                  | 308              | 7,9  | 240                      | 6,4  | 298                           | 7,3  | 298            | 7,4  | 260              | 8,4  | 260               | 8,4  |
| Кладовые                                            | 28               | 0,7  | 43                       | 1,1  | 26                            | 0,6  | 40             | 1,0  | 13               | 0,4  | 7                 | 0,2  |
| Вспомогательные                                     | 80               | 2,1  |                          |      | 16                            | 0,4  | 16             | 0,4  | 12               | 0,4  | 22                | 0,7  |
| Провизионные кладовые (п)                           | 64               | 1,7  | 42                       | 1,1  | 52                            | 1,3  | 49             | 1,2  | 65               | 2,1  | 65                | 2,1  |
| Провизионные кладовые (э)                           |                  |      | 8                        | 0,2  |                               |      |                |      | 16               | 0,5  | 16                | 0,5  |
| Помещения пищеблока (п)                             | 94               | 2,4  | 66                       | 1,8  | 100                           | 2,5  | 54             | 1,3  | 70               | 2,3  | 70                | 2,3  |
| Помещения пищеблока (э)                             | 16               | 0,4  | 17                       | 0,5  |                               |      | 16             | 0,4  | 16               | 0,5  | 16                | 0,5  |
| Прачечные, гладильные (п)                           |                  |      | 11                       | 0,3  |                               |      |                |      |                  |      |                   |      |
| Прачечные, гладильные (э)                           | 35               | 0,9  | 8                        | 0,2  | 30                            | 0,7  | 28             | 0,7  |                  |      |                   |      |
| Медицинские помещения                               | 14               | 0,4  | 12                       | 0,3  | 13                            | 0,3  | 13             | 0,3  | 21               | 0,7  | 18                | 0,6  |
| Посты управления                                    | 63               | 1,6  | 41                       | 1,1  | 51                            | 1,3  | 51             | 1,3  | 69               | 2,2  | 69                | 2,2  |
| Якорно-швартовное устройство                        | 97               | 2,5  | 43                       | 1,2  | 52                            | 1,3  | 52             | 1,3  | 121              | 3,9  | 121               | 3,9  |
| Прочие                                              | 23               | 0,6  | 53                       | 1,4  | 22                            | 0,5  | 21             | 0,5  | 7                | 0,2  | 7                 | 0,2  |
| Общая площадь пассажирских кают                     | 751              | 19,4 | 734,7                    | 19,7 | 1095                          | 26,9 | 961            | 23,8 | 508              | 16,5 | 532               | 17,3 |
| Общая площадь общественных помещений для пассажиров | 1720,5           | 44,4 | 1884,8                   | 50,5 | 1777                          | 43,6 | 1906,8         | 47,2 | 1628,5           | 52,9 | 1613,5            | 52,4 |
| Общая полезная площадь                              | 2471,5           | 63,8 | 2619,5                   | 70,2 | 2872                          | 70,5 | 2867,8         | 71,0 | 2136,5           | 69,4 | 2145,5            | 69,7 |
| Общая площадь служебных помещений                   | 1403,5           | 36,2 | 1114,6                   | 29,8 | 1200                          | 29,5 | 1173,5         | 29,0 | 940,5            | 30,6 | 931,5             | 30,3 |
| Общая площадь палуб                                 | 3875             | 100  | 3734                     | 100  | 4072                          | 100  | 4041           | 100  | 3077             | 100  | 3077              | 100  |

Таблица 2

Сравнение удельных площадей и соотношения количества пассажиров и экипажа (первая группа судов, проекты 588, 305)

| Помещение                                                                    | Проект 588       |                          |                               |               |                  |                   |       |      | Проект 305 |       |  |
|------------------------------------------------------------------------------|------------------|--------------------------|-------------------------------|---------------|------------------|-------------------|-------|------|------------|-------|--|
|                                                                              | Исходный пр. 588 | PV06 (конверсия пр. 588) | «Русь Великая» (РЕГК.002-588) | «И.А. Крылов» | Исходный пр. 305 | «Сергей Образцов» |       |      |            |       |  |
| Количество пассажиров на борту, чел.                                         | 364              | 120                      |                               | 196           |                  | 210               |       | 311  | 159        |       |  |
| Удельная жилая площадь, м <sup>2</sup> /чел.                                 | 2,1              | 6,1                      | 196,7                         | 5,6           | 170,8            | 4,6               | 121,8 | 1,6  | 3,3        | 104,8 |  |
| Средняя площадь каюты                                                        | 4,1              | 12,2                     | 196,7                         | 11,2          | 170,8            | 9,2               | 121,8 | 3,3  | 6,7        | 104,8 |  |
| Удельная площадь общественных помещений для пассажиров, м <sup>2</sup> /чел. | 4,7              | 15,7                     | 232,3                         | 9,1           | 91,8             | 9,1               | 92,1  | 5,2  | 10,1       | 93,8  |  |
| Удельная полезная площадь, м <sup>2</sup> /чел.                              | 6,8              | 21,8                     | 221,5                         | 14,7          | 115,8            | 13,7              | 101,1 | 6,9  | 13,5       | 96,4  |  |
| Удельная служебная площадь, м <sup>2</sup> /чел.                             | 0,05             | 0,06                     | 22,4                          | 0,06          | 7,2              | 0,06              | 14,6  | 0,06 | 0,05       | -19,2 |  |
| Количество экипажа и обслуживающего персонала, чел.                          | 72               | 70                       |                               | 66            |                  | 69                |       | 55   | 44         |       |  |
| Соотношение количества экипажа и обслуживающего персонала к пассажирам       | 0,20             | 0,58                     | 194,9                         | 0,34          | 70,2             | 0,33              | 66,1  | 0,18 | 0,28       | 56,5  |  |



## Изменение распределения площадей палуб (вторая группа судов, проекты 301, Q-065)

| Помещение                                           | Проект 301       |      |                             |      |                                          |      |                                                  |      | Проект Q-065       |      |                            |      |                                                  |      |  |  |
|-----------------------------------------------------|------------------|------|-----------------------------|------|------------------------------------------|------|--------------------------------------------------|------|--------------------|------|----------------------------|------|--------------------------------------------------|------|--|--|
|                                                     | Исходный пр. 301 |      | PV17 (модернизация пр. 301) |      | «Княжна Виктория» (модернизация пр. 301) |      | «Санкт-Петербург» (модернизация пр. 301 2019 г.) |      | Исходный пр. Q-065 |      | PV08 (конверсия пр. Q-065) |      | «Сергей Есенин» (модернизация пр. Q-065 2019 г.) |      |  |  |
|                                                     | м²               | %    | м²                          | %    | м²                                       | %    | м²                                               | %    | м²                 | %    | м²                         | %    | м²                                               | %    |  |  |
| Пассажирские каюты                                  | 1445             | 20,7 | 1597                        | 22,3 | 1472                                     | 20,6 | 1338                                             | 19,2 | 675                | 17,2 | 920                        | 21,1 | 767                                              | 19,6 |  |  |
| Балконы пассажирских кают                           |                  |      | 458                         | 6,4  | 500                                      | 7,0  |                                                  |      |                    |      | 290                        | 6,7  | 27                                               | 0,7  |  |  |
| Рестораны                                           | 231              | 3,3  | 359                         | 5,0  | 476                                      | 6,7  | 231                                              | 3,3  | 114                | 2,9  | 446                        | 10,2 | 138                                              | 3,5  |  |  |
| Бары, салоны, кинотеатры                            | 391              | 5,6  | 246                         | 3,4  | 354                                      | 5,0  | 391                                              | 5,6  | 273                | 7,0  | 86                         | 2,0  | 181                                              | 4,6  |  |  |
| Прочие общественные помещения                       | 42               | 0,6  | 41                          | 0,6  | 206                                      | 2,9  | 42                                               | 0,6  | 28                 | 0,7  | 25                         | 0,6  | 28                                               | 0,7  |  |  |
| Коридоры                                            | 331              | 4,7  | 317                         | 4,4  | 219                                      | 3,1  | 302                                              | 4,3  | 110                | 2,8  | 104                        | 2,4  | 106                                              | 2,7  |  |  |
| Вестибюли, лифты                                    | 306              | 4,4  | 291                         | 4,1  | 440                                      | 6,2  | 306                                              | 4,4  | 79                 | 2,0  | 100                        | 2,3  | 79                                               | 2,0  |  |  |
| Палубные галереи                                    | 1161             | 16,7 | 803                         | 11,2 | 650                                      | 9,1  | 1161                                             | 16,7 | 652                | 16,6 | 348                        | 8,0  | 625                                              | 16,0 |  |  |
| Солярий                                             | 356              | 5,1  | 250                         | 3,5  | 151                                      | 2,1  | 356                                              | 5,1  | 234                | 6,0  | 446                        | 10,2 | 234                                              | 6,0  |  |  |
| Каюты экипажа                                       | 495              | 7,1  | 722                         | 10,1 | 500                                      | 7,0  | 602                                              | 8,6  | 367                | 9,4  | 350                        | 8,0  | 367                                              | 9,4  |  |  |
| Общественные помещения (э)                          | 101              | 1,4  | 101                         | 1,4  | 114                                      | 1,6  | 101                                              | 1,4  | 38                 | 1,0  | 38                         | 0,9  | 38                                               | 1,0  |  |  |
| Коридоры (э)                                        | 233              | 3,3  | 265                         | 3,7  | 133                                      | 1,9  | 262                                              | 3,8  | 118                | 3,0  | 112                        | 2,6  | 118                                              | 3,0  |  |  |
| Машинные помещения                                  | 877              | 12,6 | 890                         | 12,4 | 901                                      | 12,6 | 877                                              | 12,6 | 513                | 13,1 | 457                        | 10,5 | 513                                              | 13,1 |  |  |
| Кладовые                                            | 133              | 1,9  | 66                          | 0,9  | 163                                      | 2,3  | 133                                              | 1,9  | 47                 | 1,2  | 57                         | 1,3  | 43                                               | 1,1  |  |  |
| Вспомогательные                                     | 25               | 0,4  | 20                          | 0,3  | 25                                       | 0,4  | 25                                               | 0,4  |                    |      | 5                          | 0,1  |                                                  |      |  |  |
| Провизионные кладовые (п)                           | 95               | 1,4  | 95                          | 1,3  | 95                                       | 1,3  | 95                                               | 1,4  | 66                 | 1,7  | 66                         | 1,5  | 66                                               | 1,7  |  |  |
| Провизионные кладовые (э)                           | 29               | 0,4  | 29                          | 0,4  | 29                                       | 0,4  | 29                                               | 0,4  |                    |      |                            |      |                                                  |      |  |  |
| Помещения пищеблока (п)                             | 191              | 2,7  | 191                         | 2,7  | 191                                      | 2,7  | 191                                              | 2,7  | 131                | 3,3  | 136                        | 3,1  | 131                                              | 3,3  |  |  |
| Помещения пищеблока (э)                             | 35               | 0,5  | 35                          | 0,5  | 35                                       | 0,5  | 35                                               | 0,5  | 8                  | 0,2  | 8                          | 0,2  | 8                                                | 0,2  |  |  |
| Прачечные, гладильные (п)                           | 89               | 1,3  | 89                          | 1,2  | 89                                       | 1,2  | 89                                               | 1,3  | 13                 | 0,3  | 13                         | 0,3  | 13                                               | 0,3  |  |  |
| Прачечные, гладильные (э)                           |                  |      |                             |      |                                          |      |                                                  |      |                    |      |                            |      |                                                  |      |  |  |
| Медицинские помещения                               | 32               | 0,5  | 32                          | 0,4  | 57                                       | 0,8  | 32                                               | 0,5  | 17                 | 0,4  | 17                         | 0,4  | 17                                               | 0,4  |  |  |
| Посты управления                                    | 72               | 1,0  | 72                          | 1,0  | 85                                       | 1,2  | 72                                               | 1,0  | 57                 | 1,5  | 43                         | 1,0  | 57                                               | 1,5  |  |  |
| Якорно-швартовное устройство                        | 135              | 1,9  | 135                         | 1,9  | 125                                      | 1,8  | 135                                              | 1,9  | 105                | 2,7  | 105                        | 2,4  | 105                                              | 2,7  |  |  |
| Прочие                                              | 164              | 2,4  | 55                          | 0,8  | 130                                      | 1,8  | 164                                              | 2,4  | 273                | 7,0  | 189                        | 4,3  | 257                                              | 6,6  |  |  |
| Общая площадь пассажирских кают                     | 1445             | 20,7 | 2055                        | 28,7 | 1972                                     | 27,6 | 1338                                             | 19,2 | 675                | 17,2 | 1210,4                     | 27,8 | 794                                              | 20,3 |  |  |
| Общая площадь общественных помещений для пассажиров | 2900             | 41,6 | 2334,5                      | 32,6 | 2561                                     | 35,9 | 2871                                             | 41,2 | 1625,55            | 41,5 | 1648,7                     | 37,8 | 1518,55                                          | 38,8 |  |  |
| Общая полезная площадь                              | 4345             | 62,3 | 4389,5                      | 61,3 | 4533                                     | 63,5 | 4209                                             | 60,4 | 2300,55            | 58,8 | 2859,1                     | 65,6 | 2312,55                                          | 59,1 |  |  |
| Общая площадь служебных помещений                   | 2624             | 37,7 | 2769,5                      | 38,7 | 2607                                     | 36,5 | 2760                                             | 39,6 | 1614,75            | 41,2 | 1502,4                     | 34,4 | 1602,75                                          | 40,9 |  |  |
| Общая площадь палуб                                 | 6969             | 100  | 7159                        | 100  | 7140                                     | 100  | 6969                                             | 100  | 3915               | 100  | 4362                       | 100  | 3915                                             | 100  |  |  |

Примечания: (п) – помещения для нужд пассажиров; (э) – помещения для нужд экипажа.

Таблица 4

## Сравнение удельных площадей и соотношения количества пассажиров и экипажа (вторая группа судов, проекты 301, Q-065)

| Помещение                                                              | Проект 301       |  |                             |        |                                          |        |                                                  |       | Проект Q-065       |  |                            |        |                                                  |       |  |  |
|------------------------------------------------------------------------|------------------|--|-----------------------------|--------|------------------------------------------|--------|--------------------------------------------------|-------|--------------------|--|----------------------------|--------|--------------------------------------------------|-------|--|--|
|                                                                        | Исходный пр. 301 |  | RV17 (модернизация пр. 301) |        | «Княжна Виктория» (модернизация пр. 301) |        | «Санкт-Петербург» (модернизация пр. 301 2019 г.) |       | Исходный пр. Q-065 |  | RV08 (конверсия пр. Q-065) |        | «Сергей Есенин» (модернизация пр. Q-065 2019 г.) |       |  |  |
| Количество пассажиров на борту, чел.                                   | 360              |  | 196                         |        | 206                                      |        | 210                                              |       | 180                |  | 112                        |        | 136                                              |       |  |  |
| Удельная жилая площадь, м²/чел.                                        | 4,0              |  | 10,5                        | 161,2% | 9,6                                      | 138,5% | 6,4                                              | 58,7% | 3,8                |  | 10,8                       | 188,2% | 5,8                                              | 55,7% |  |  |
| Средняя площадь каюты                                                  | 8,0              |  | 21,0                        | 161,2% | 19,1                                     | 138,5% | 12,7                                             | 58,7% | 7,5                |  | 21,6                       | 188,2% | 11,7                                             | 55,7% |  |  |
| Удельная площадь общественных помещений для пассажиров, м²/чел.        | 8,1              |  | 11,9                        | 47,9%  | 12,4                                     | 54,3%  | 13,7                                             | 69,7% | 9,0                |  | 14,7                       | 63,0%  | 11,2                                             | 23,6% |  |  |
| Удельная полезная площадь, м²/чел.                                     | 12,1             |  | 22,4                        | 85,6%  | 22,0                                     | 82,3%  | 20,0                                             | 66,1% | 12,8               |  | 25,5                       | 99,7%  | 17,0                                             | 33,0% |  |  |
| Удельная служебная площадь, м²/чел.                                    | 0,04             |  | 0,03                        | -15,3% | 0,04                                     | 19,9%  | 0,04                                             | 0,1%  | 0,03               |  | 0,04                       | 21,2%  | 0,04                                             | 17,2% |  |  |
| Количество экипажа и обслуживающего персонала, чел.                    | 94               |  | 84                          |        | 112                                      |        | 99                                               |       | 55                 |  | 62                         |        | 64                                               |       |  |  |
| Соотношение количества экипажа и обслуживающего персонала к пассажирам | 0,26             |  | 0,43                        | 64,1%  | 0,54                                     | 108,2% | 0,47                                             | 80,5% | 0,31               |  | 0,55                       | 81,2%  | 0,47                                             | 54,0% |  |  |

Изменение распределения площадей палуб (вторая группа судов, проекты 302, 92-016)

| Помещение                                           | Проект 302       |      |                                 |      |                     |      |        |      | Проект 92-016       |      |                                                   |      |                                |      |    |   |
|-----------------------------------------------------|------------------|------|---------------------------------|------|---------------------|------|--------|------|---------------------|------|---------------------------------------------------|------|--------------------------------|------|----|---|
|                                                     | Исходный пр. 302 |      | PV12 (модернизация с балконами) |      | PV15 (модернизация) |      | «Русь» |      | Исходный пр. 92-016 |      | «Мстислав Ростропович» (модернизация с балконами) |      | «Сергей Кучкин» (модернизация) |      |    |   |
|                                                     | м²               | %    | м²                              | %    | м²                  | %    | м²     | %    | м²                  | %    | м²                                                | %    | м²                             | %    | м² | % |
| Пассажирские каюты                                  | 1579             | 20,9 | 1687                            | 21,8 | 1580                | 20,9 | 1431   | 19,0 | 1749                | 24,6 | 1919                                              | 25,8 | 1551                           | 21,8 |    |   |
| Балконы пассажирских кают                           |                  |      | 410                             | 5,3  | 474                 | 6,3  |        |      |                     |      | 498                                               | 6,7  |                                |      |    |   |
| Рестораны                                           | 270              | 3,6  | 380                             | 4,9  | 358                 | 4,7  | 270    | 3,6  | 278                 | 3,9  | 278                                               | 3,7  | 278                            | 3,9  |    |   |
| Бары, салоны, кинотеатры                            | 353              | 4,7  | 584                             | 7,5  | 310                 | 4,1  | 353    | 4,7  | 328                 | 4,6  | 333                                               | 4,5  | 328                            | 4,6  |    |   |
| Прочие общественные помещения                       | 42               | 0,6  | 179                             | 2,3  | 63                  | 0,8  | 42     | 0,6  | 135                 | 1,9  | 145                                               | 1,9  | 166                            | 2,3  |    |   |
| Коридоры                                            | 361              | 4,8  | 228                             | 2,9  | 272                 | 3,6  | 337    | 4,5  | 642                 | 9,0  | 668                                               | 9,0  | 642                            | 9,0  |    |   |
| Вестибюли, лифты                                    | 304              | 4,0  | 455                             | 5,9  | 369                 | 4,9  | 304    | 4,0  | 155                 | 2,2  | 155                                               | 2,1  | 155                            | 2,2  |    |   |
| Палубные галереи                                    | 1304             | 17,3 | 863                             | 11,1 | 912                 | 12,1 | 1304   | 17,3 | 1380                | 19,4 | 800                                               | 10,7 | 1380                           | 19,4 |    |   |
| Солярий                                             | 278              | 3,7  | 213                             | 2,8  | 178                 | 2,4  | 278    | 3,7  | 200                 | 2,8  | 280                                               | 3,8  | 200                            | 2,8  |    |   |
| Каюты экипажа                                       | 567              | 7,5  | 425                             | 5,5  | 619                 | 8,2  | 714    | 9,5  | 460                 | 6,5  | 554                                               | 7,4  | 657                            | 9,2  |    |   |
| Общественные помещения (э)                          | 135              | 1,8  | 129                             | 1,7  | 129                 | 1,7  | 135    | 1,8  | 106                 | 1,5  | 106                                               | 1,4  | 106                            | 1,5  |    |   |
| Коридоры (э)                                        | 277              | 3,7  | 276                             | 3,6  | 298                 | 3,9  | 302    | 4,0  | 186                 | 2,6  | 195                                               | 2,6  | 186                            | 2,6  |    |   |
| Машинные помещения                                  | 1106             | 14,6 | 1015                            | 13,1 | 1106                | 14,6 | 1106   | 14,6 | 597                 | 8,4  | 597                                               | 8,0  | 597                            | 8,4  |    |   |
| Кладовые                                            | 96               | 1,3  | 66                              | 0,9  | 99                  | 1,3  | 96     | 1,3  | 118                 | 1,7  | 118                                               | 1,6  | 118                            | 1,7  |    |   |
| Вспомогательные                                     | 37               | 0,5  | 24                              | 0,3  | 24                  | 0,3  | 37     | 0,5  | 107                 | 1,5  | 107                                               | 1,4  | 77                             | 1,1  |    |   |
| Провизионные кладовые (п)                           | 91               | 1,2  | 84                              | 1,1  | 91                  | 1,2  | 91     | 1,2  | 81                  | 1,1  | 81                                                | 1,1  | 81                             | 1,1  |    |   |
| Провизионные кладовые (э)                           | 10               | 0,1  | 10                              | 0,1  | 10                  | 0,1  | 10     | 0,1  | 11                  | 0,2  | 11                                                | 0,1  | 11                             | 0,2  |    |   |
| Помещения пищеблока (п)                             | 210              | 2,8  | 187                             | 2,4  | 142                 | 1,9  | 210    | 2,8  | 202                 | 2,8  | 219                                               | 2,9  | 202                            | 2,8  |    |   |
| Помещения пищеблока (э)                             | 38               | 0,5  | 38                              | 0,5  | 38                  | 0,5  | 38     | 0,5  | 31                  | 0,4  | 31                                                | 0,4  | 31                             | 0,4  |    |   |
| Прачечные, гладильные (п)                           | 45               | 0,6  | 38                              | 0,5  | 45                  | 0,6  | 45     | 0,6  | 26                  | 0,4  | 26                                                | 0,3  | 26                             | 0,4  |    |   |
| Прачечные, гладильные (э)                           | 17               | 0,2  | 17                              | 0,2  | 17                  | 0,2  | 17     | 0,2  | 10                  | 0,1  | 10                                                | 0,1  | 10                             | 0,1  |    |   |
| Медицинские помещения                               | 42               | 0,6  | 28                              | 0,4  | 28                  | 0,4  | 42     | 0,6  | 25                  | 0,4  | 25                                                | 0,3  | 25                             | 0,4  |    |   |
| Посты управления                                    | 91               | 1,2  | 91                              | 1,2  | 91                  | 1,2  | 91     | 1,2  | 60                  | 0,8  | 60                                                | 0,8  | 60                             | 0,8  |    |   |
| Якорно-швартовное устройство                        | 152              | 2,0  | 146                             | 1,9  | 152                 | 2,0  | 152    | 2,0  | 177                 | 2,5  | 177                                               | 2,4  | 177                            | 2,5  |    |   |
| Прочие                                              | 145              | 1,9  | 168                             | 2,2  | 145                 | 1,9  | 145    | 1,9  | 50                  | 0,7  | 50                                                | 0,7  | 50                             | 0,7  |    |   |
| Общая площадь пассажирских кают                     | 1579             | 20,9 | 2097                            | 27,1 | 2054                | 27,2 | 1431   | 19,0 | 1749                | 24,6 | 2417                                              | 32,5 | 1551                           | 21,8 |    |   |
| Общая площадь общественных помещений для пассажиров | 2984,5           | 39,5 | 2986                            | 38,6 | 2534,5              | 33,6 | 2960,5 | 39,2 | 3143                | 44,2 | 2684                                              | 36,1 | 3174                           | 44,6 |    |   |
| Общая полезная площадь                              | 4563,5           | 60,4 | 5083                            | 65,7 | 4588,5              | 60,8 | 4391,5 | 58,2 | 4892                | 68,8 | 5101                                              | 68,5 | 4725                           | 66,4 |    |   |
| Общая площадь служебных помещений                   | 2986,5           | 39,6 | 2658                            | 34,3 | 2961,5              | 39,2 | 3158,5 | 41,8 | 2222                | 31,2 | 2342                                              | 31,5 | 2389                           | 33,6 |    |   |
| Общая площадь палуб                                 | 7550             | 100  | 7741                            | 100  | 7550                | 100  | 7550   | 100  | 7114                | 100  | 7443                                              | 100  | 7114                           | 100  |    |   |

Таблица 6

Сравнение удельных площадей и соотношения количества пассажиров и экипажа (вторая группа судов, проекты 302, 92-016)

| Помещения                                                              | Проект 302       |  |                                 |        |                     |        |        |       | Проект 92-016       |  |                                                   |        |                                |       |  |  |
|------------------------------------------------------------------------|------------------|--|---------------------------------|--------|---------------------|--------|--------|-------|---------------------|--|---------------------------------------------------|--------|--------------------------------|-------|--|--|
|                                                                        | Исходный пр. 302 |  | PV12 (модернизация с балконами) |        | PV15 (модернизация) |        | «Русь» |       | Исходный пр. 92-016 |  | «Мстислав Ростропович» (модернизация с балконами) |        | «Сергей Кучкин» (модернизация) |       |  |  |
| Количество пассажиров на борту, чел.                                   | 332              |  | 200                             |        | 214                 |        | 282    |       | 400                 |  | 212                                               |        | 300                            |       |  |  |
| Удельная жилая площадь, м²/чел.                                        | 4,8              |  | 10,5                            | 120,5% | 9,6                 | 101,8% | 5,1    | 6,7%  | 4,4                 |  | 11,4                                              | 160,7% | 5,2                            | 18,2% |  |  |
| Средняя площадь каюты                                                  | 9,5              |  | 21,0                            | 120,5% | 19,2                | 101,8% | 10,1   | 6,7%  | 8,7                 |  | 22,8                                              | 160,7% | 10,3                           | 18,2% |  |  |
| Удельная площадь общественных помещений для пассажиров, м²/чел.        | 9,0              |  | 14,9                            | 66,1%  | 11,8                | 31,7%  | 10,5   | 16,8% | 7,9                 |  | 12,7                                              | 61,1%  | 10,6                           | 34,6% |  |  |
| Удельная полезная площадь, м²/чел.                                     | 13,7             |  | 25,4                            | 84,9%  | 21,4                | 56,0%  | 15,6   | 13,3% | 12,2                |  | 24,1                                              | 96,7%  | 15,8                           | 28,8% |  |  |
| Удельная служебная площадь, м²/чел.                                    | 0,03             |  | 0,04                            | 17,1%  | 0,03                | 5,1%   | 0,03   | 0,6%  | 0,04                |  | 0,04                                              | 14,3%  | 0,04                           | 10,9% |  |  |
| Количество экипажа и обслуживающего персонала, чел.                    | 94               |  | 98                              |        | 98                  |        | 100    |       | 83                  |  | 100                                               |        | 99                             |       |  |  |
| Соотношение количества экипажа и обслуживающего персонала к пассажирам | 0,28             |  | 0,49                            | 73,1%  | 0,46                | 61,7%  | 0,35   | 25,2% | 0,21                |  | 0,47                                              | 127,3% | 0,33                           | 59,0% |  |  |

расширяет ресторанный комплекс, предлагая три различных ресторана на борту [4].

Количество всех палуб  $n$  на проектируемых или модернизируемых РКПС, включая палубы для размещения экипажа и служебных помещений, а также солнечную палубу, можно определять в зависимости от  $LB$ , м² (где  $L$  и  $B$  – габаритная длина и ширина РКПС соответственно): три палубы ( $n = 3$ ) при  $LB = 1100–1250$  м², четыре палубы ( $n = 4$ ) при  $LB = 1250–$

1500 м², пять палуб ( $n = 5$ ) при  $LB = 1500–2350$  м² и шесть палуб ( $n = 6$ ) при  $LB = 2350–2400$  м².

Для определения коэффициента утилизации общей площади палуб  $s_{\text{палуб}} = S_{\text{палуб}} / LBn$  на РКПС (для всех судов, базовых и модернизированных) была получена зависимость  $s_{\text{палуб}} = 3,5583 \cdot (LBn)^{-0,18}$  (рис. 7).

Средняя площадь пассажирской каюты на конверсионном РКПС пр. PV06 по сравнению с исходным судном пр. 588 вы-



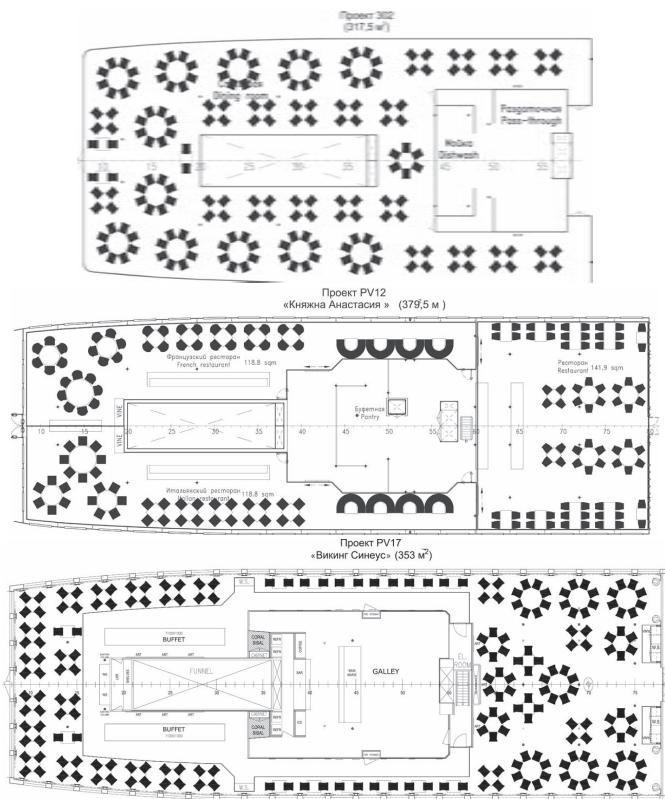


Рис. 6. Изменение площадей и компоновки ресторана на РКПС пр. 302

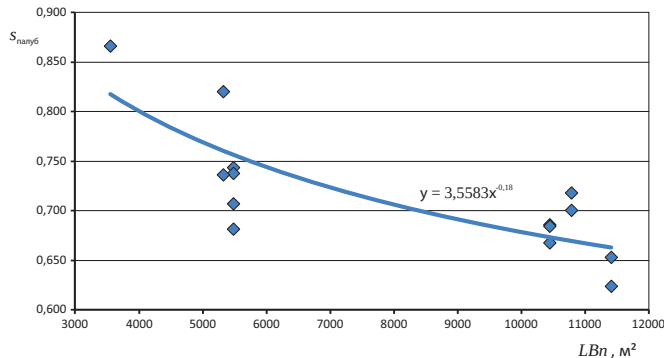


Рис. 7. Определение коэффициента утилизации общей площади палуб  $s_{\text{палуб}}$

росла на 196,7% (с 4,1 до 12,2 м²), на судне «Русь Великая» – на 170,8% (до 11,2 м²), на модернизированном судне «И.А. Крылов» – на 121,8% (до 9,2 м²). На модернизированном судне «Сергей Образцов» по сравнению с исходным судном пр. 305 – на 104,8% (с 3,3 до 6,7 м²). На модернизированном РКПС пр. RV17 по сравнению с исходным судном пр. 301 – на 161,2% (с 8,0 до 21,0 м²), на судне «Княжна Виктория» – на 138,5% (до 19,1 м²); на судне «Санкт-Петербург» – на 58,7% (до 12,7 м²).

На конверсионном РКПС пр. PV08 по сравнению с исходным судном пр. Q-065 – на 188,2% (с 7,5 до 21,6 м²), на модернизированном судне «Сергей Есенин» – на 55,7% (до 11,7 м²). На модернизированном РКПС пр. PV12 по сравнению с исходным судном пр. 302 – на 120,5% (с 9,5 до 21,0 м²), на модернизированном судне пр. PV15 – на 101,8% (до 19,2 м²), на т/х «Русь» – на 6,7% (до 10,1 м²). На судне «Мстислав Ростропович» по сравнению с исходным судном пр. 92-016 – на 160,7% (с 8,7 до 22,8 м²), на судне «Сергей Кучкин» – на 18,2% (до 10,3 м²).

Зависимости для средних значений площадей пассажирских кают  $S_k$  у базовых и модернизированных проектов приведены на рис. 8.

Для базовых проектов эта зависимость может быть представлена как  $S_k = 0,0011 \cdot S_{\text{палуб}} + 0,799$  м², для проектов с со-

хранением философии –  $S_k = 0,0011 \cdot S_{\text{палуб}} + 5,3056$  м², для существенных модернизаций и конверсий –  $S_k = 0,0014 \cdot S_{\text{палуб}} + 10,783$  м².

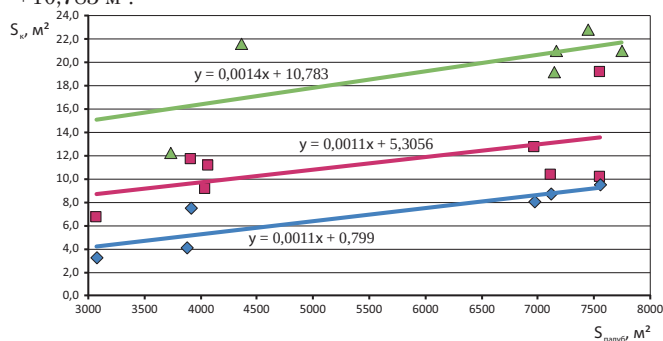


Рис. 8. Определение среднего значения площадей пассажирских кают  $S_k$ , м²

▲ – базовый; — – линейная (базовый); ■ – сохранение философии; — – линейная (сохранение философии); ◆ – существенная модернизация/конверсия; — – линейная (существенная модернизация/конверсия)

Значения удельной площади (отнесенной к количеству пассажиров) пассажирских кают  $S'_k$  для всех судов, базовых и модернизированных, приведены на рис. 9 и могут быть определены по зависимости

$$S'_k = 0,0069 \cdot \left( \frac{S_{\text{палуб}}}{N_{\text{пас}}} \right)^2 - 0,033 \cdot \frac{S_{\text{палуб}}}{N_{\text{пас}}} + 1,8688 \text{ м}^2/\text{чел.}$$

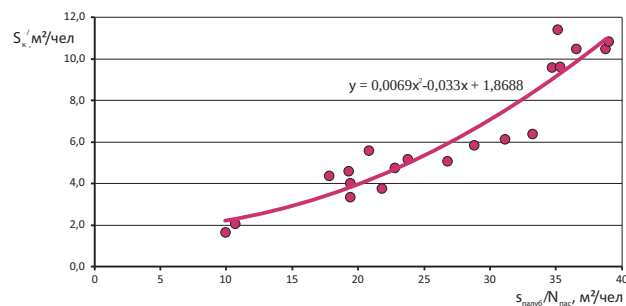


Рис. 9. Определение значений удельных площадей пассажирских кают  $S'_k$ , м²/чел.

Удельная площадь общественных помещений на конверсионном РКПС пр. PV06 по сравнению с исходным судном пр. 588 выросла на 232,3% (с 4,7 до 15,7 м²/чел.), на судне «Русь Великая» – на 91,8% (до 9,1 м²/чел.), на модернизированном судне «И.А. Крылов» – на 92,1% (до 9,1 м²/чел.).

На модернизированном судне «Сергей Образцов» по сравнению с исходным судном пр. 305 – на 93,8% (с 5,2 до 10,1 м²/чел.). На модернизированном РКПС пр. PV17 по сравнению с исходным судном пр. 301 – на 47,9% (с 8,1 до 11,9 м²/чел.), на судне «Княжна Виктория» – на 54,3% (до 12,4 м²/чел.); на судне «Санкт-Петербург» – на 69,7% (до 13,7 м²/чел.).

На конверсионном РКПС пр. PV08 по сравнению с исходным судном пр. Q-065 – на 63,0% (с 9,0 до 14,7 м²/чел.), на модернизированном судне «Сергей Есенин» – на 23,6% (до 11,2 м²/чел.).

На модернизированном РКПС пр. PV12 по сравнению с исходным судном пр. 302 – на 66,1% (с 9,0 до 14,9 м²/чел.), на модернизированном судне пр. PV15 – на 31,7% (до 11,8 м²/чел.), на т/х «Русь» – на 16,8% (до 10,5 м²/чел.).

На судне «Мстислав Ростропович» по сравнению с исходным судном пр. 92-016 – на 61,1% (с 7,9 до 12,7 м²/чел.), на судне «Сергей Кучкин» – на 34,6% (до 10,6 м²/чел.).

Значения удельных площадей общественных помещений  $S'_0$  для всех судов, базовых и модернизированных, приведены на рис. 10 и могут быть определены по зависимости  $S'_0 = 0,306 \cdot \frac{S_{\text{палуб}}}{N_{\text{пас}}} + 2,5933$  м²/чел.

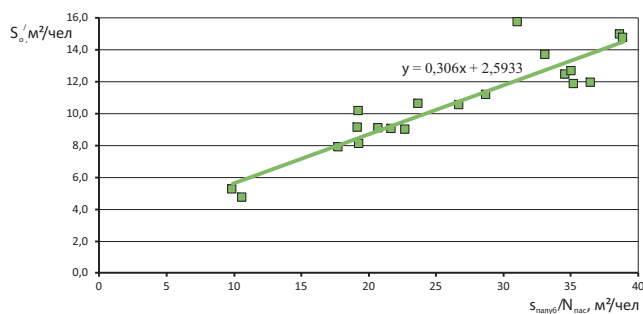


Рис. 10. Определение значений удельных площадей общественных помещений  $S'_o$ , м²/чел

Удельная полезная площадь (площадь общественных помещений для пассажира и кают) на конверсионном РКПС пр. PV06 по сравнению с исходным судном пр. 588 выросла на 221,5% (с 6,8 до 21,8 м²/чел.), на судне «Русь Великая» – на 115,8% (до 14,7 м²/чел.), на модернизированном судне «И.А. Крылов» – на 101,1% (до 13,7 м²/чел.).

На модернизированном судне «Сергей Образцов» по сравнению с исходным судном пр. 305 – на 96,4% (с 6,9 до 13,5 м²/чел.).

На модернизированном РКПС пр. PV17 по сравнению с исходным судном пр. 301 – на 85,6% (с 12,1 до 22,4 м²/чел.), на судне «Княжна Виктория» – на 82,3% (до 22,0 м²/чел.); на судне «Санкт-Петербург» – на 66,1% (до 20,0 м²/чел.).

На конверсионном РКПС пр. PV08 по сравнению с исходным судном пр. Q-065 – на 99,7% (с 12,8 до 25,5 м²/чел.), на модернизированном судне «Сергей Есенин» – на 33,0% (до 17,0 м²/чел.).

На модернизированном РКПС пр. PV12 по сравнению с исходным судном пр. 302 – на 84,9% (с 13,7 до 25,4 м²/чел.), на модернизированном судне пр. PV15 – на 56,0% (до 21,4 м²/чел.), на т/х «Русь» – на 13,3% (до 15,6 м²/чел.).

На судне «Мстислав Ростропович» по сравнению с исходным судном пр. 92-016 – на 96,7% (с 12,2 до 24,1 м²/чел.), на судне «Сергей Кучкин» – на 28,8% (до 15,8 м²/чел.).

Значения удельных полезных (пассажирские каюты и общественные помещения) площадей  $S'_{пол}$  для всех судов, базовых и модернизированных, приведены на рис. 11 и могут быть определены по зависимости  $S'_{пол} = 0,6225 \cdot \frac{S_{палуб}}{N_{пас}} + 0,5468$  м²/чел.

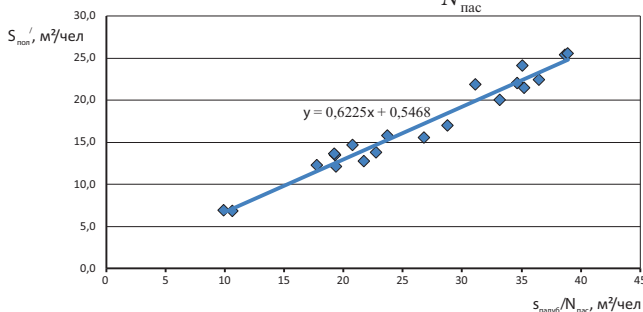


Рис. 11. Определение значений удельных полезных площадей  $S'_{пол}$ , м²/чел.

Было установлено, что для удельных площадей (рис. 9–11) характерны следующие значения отношений  $S_{палуб} / N_{пас} = 9–22$  м²/чел. (базовые проекты РКПС),  $S_{палуб} / N_{пас} = 22–35$  м²/чел. (проекты с сохранением философии),  $S_{палуб} / N_{пас} = 35–40$  м²/чел. (существенные модернизации и конверсии).

Анализ распределения площадей палуб (см. табл. 1–6) позволил получить также коэффициенты утилизации площадей пассажирских кают  $s_k = S_k / S_{палуб}$  (рис. 12), общественных помещений  $s_o = S_o / S_{палуб}$  (рис. 13), полезных площадей  $s_{пол} = S_{пол} / S_{палуб}$  (рис. 14) и служебных помещений  $s_{сл} = S_{сл} / S_{палуб}$  (рис. 15), причем как для базовых, так и модернизированных проектов.

Коэффициент утилизации площадей пассажирских кают для базовых проектов  $s_k = 0,0131(S_{палуб})^{0,3175}$ , для проек-

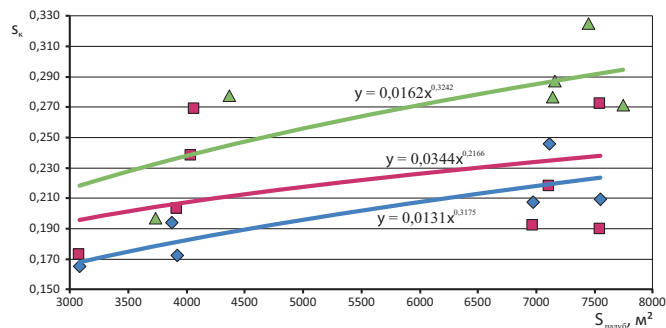


Рис. 12. Определение коэффициента утилизации площадей пассажирских кают  $s_k$   
▲ – базовый; — линейная (базовый); ■ – сохранение философии; — линейная (сохранение философии); ◆ – существенная модернизация/конверсия; — линейная (существенная модернизация/конверсия)

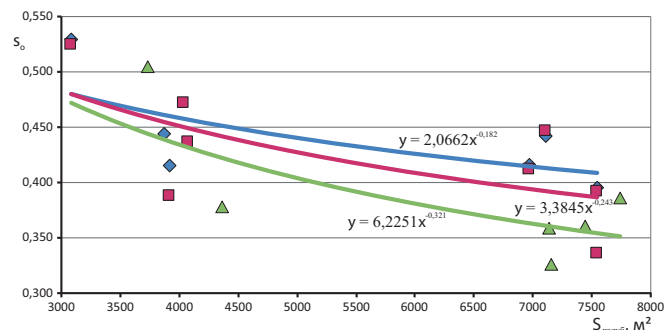


Рис. 13. Определение коэффициента утилизации общественных помещений  $s_o$   
▲ – базовый; — линейная (базовый); ■ – сохранение философии; — линейная (сохранение философии); ◆ – существенная модернизация/конверсия; — линейная (существенная модернизация/конверсия)

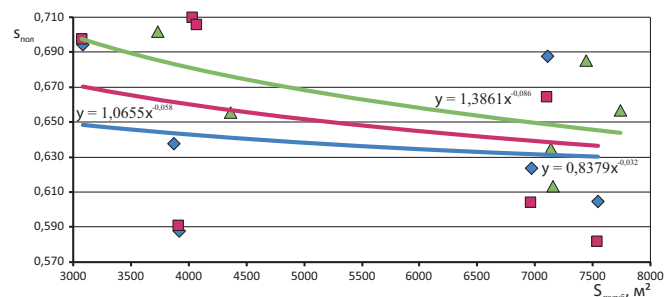


Рис. 14. Определение коэффициента утилизации полезных помещений  $s_{пол}$   
▲ – базовый; — линейная (базовый); ■ – сохранение философии; — линейная (сохранение философии); ◆ – существенная модернизация/конверсия; — линейная (существенная модернизация/конверсия)

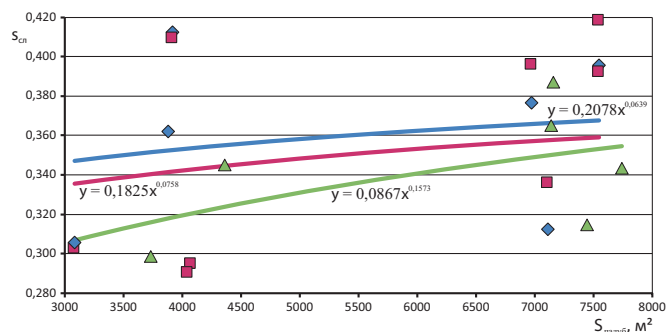


Рис. 15. Определение коэффициента утилизации служебных помещений  $s_{сл}$   
▲ – базовый; — линейная (базовый); ■ – сохранение философии; — линейная (сохранение философии); ◆ – существенная модернизация/конверсия; — линейная (существенная модернизация/конверсия)



тов с сохранением философии может быть определен как  $s_k = 0,0344(S_{\text{палуб}})^{0,2166}$ , для существенных модернизаций и конверсий  $s_k = 0,0162(S_{\text{палуб}})^{0,3242}$ .

Коэффициент утилизации общественных помещений для базовых проектов  $s_o = 2,0662(S_{\text{палуб}})^{-0,182}$ , для проектов с сохранением философии  $s_o = 3,3845(S_{\text{палуб}})^{-0,243}$ , для существенных модернизаций и конверсий  $s_o = 6,2251(S_{\text{палуб}})^{-0,321}$ .

Коэффициент утилизации полезных площадей для базовых проектов  $s_{\text{пол}} = 0,8379(S_{\text{палуб}})^{-0,032}$ , для проектов с сохранением философии  $s_{\text{пол}} = 1,0655(S_{\text{палуб}})^{-0,058}$ , для существенных модернизаций и конверсий  $s_{\text{пол}} = 1,3861(S_{\text{палуб}})^{-0,086}$ .

Коэффициент утилизации служебных площадей для базовых проектов  $s_{\text{сл}} = 0,2078(S_{\text{палуб}})^{0,0639}$ , для проектов с сохранением философии  $s_{\text{сл}} = 0,1825(S_{\text{палуб}})^{0,0758}$ , для существенных модернизаций и конверсий  $s_{\text{сл}} = 0,0867(S_{\text{палуб}})^{0,1573}$ .

При модернизации или конверсии РКПС наблюдается увеличение количества экипажа и обслуживающего персонала на одного пассажира, что также является нормой при повышении уровня обслуживания. Среднее соотношение  $n_{\text{эк}}/n_{\text{пас}}$  для базовых проектов составляет 0,24, для проектов с сохранением философии (незначительная модернизация) работы РКПС – 0,38. Для существенных модернизаций  $n_{\text{эк}}/n_{\text{пас}} = 0,51$ , что вполне соответствует современным представлениям о круизах.

**Заключение.** Работы по модернизации и конверсии на таких судах проводятся, в первую очередь, для повышения комфортабельности круизов. Учитывая зачастую невозможность изменения габаритных размеров РКПС, единственным вариантом остается уменьшение пассажироместимости.

При этом происходит перераспределение площадей по сравнению с базовыми проектами: увеличивается удельная площадь кают с 2,0–4,5 до 9,0–12,0 м<sup>2</sup>/чел., удельная площадь общественных помещений с 4,5–9,0 до 11,5–16,0 м<sup>2</sup>/чел.

Увеличивается также количество экипажа и обслуживающего персонала на одного пассажира до 0,51, что повышает уровень обслуживания на борту.

Полученные при выполнении работы зависимости позво-

лят упростить процесс проектирования на начальных стадиях проектирования, в том числе при выполнении проектных работ по модернизации и конверсии РКПС.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Егоров А.Г. Речные круизные пассажирские суда: инновационные решения и их применимость при конверсии // Вестник ОНМУ. – Одесса: ОНМУ, 2018. – Вып. 4 (57). – С. 23–52.
2. Егоров Г.В., Егоров А.Г. Исследование надежности и риска эксплуатации отечественных речных круизных пассажирских судов // Науч.- техн. сб. Российского морского регистра судоходства. – Вып. 38/39. – СПб., 2015. – С. 22–35.
3. Егоров А.Г. Отечественные круизные пассажирские суда: состояние и прогноз. – Мат-лы X Международ. науч.-техн. конференции «Инновации в судостроении и океанотехнике»: Николаев: НУК, 2019. – С. 104–106.
4. Cruise Industry News: 2020 European River Cruise Market: Special report. – Ed. by Oivind Mathisen. – New York, September, 2019. – 114 p.
5. Market Observation for inland navigation in Europe: Annual report 2019. – Ed. by the Secretariat of the Central Commission for Navigation on the Rhine. – Strasbourg, September, 2019. – 176 p.
6. Payne S.M. Designing Passenger Ships – [Электронный ресурс]. Key-note lecture of the Intern. Conf. «Design & Operation of Passenger Ships». – London (UK): Royal Institution of Naval Architects, 2019 (презентация в формате ppt, 68 слайдов).
7. Lloyd Werft in major NCL fleet lengthening programme. – Shiprepair & Conversion Technology. – London (UK): Royal Institute of Naval Architects, 2nd Quarter 1998. – P. 22–24.
8. Cruise Ship Repairs and Refits (Feature 3). – Shiprepair & Maintenance. – London (UK): Royal Institute of Naval Architects, 1st Quarter 2019. – P. 28–35.
9. 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.
10. Сайт компании «Thurgau Travel» – [Электронный ресурс]. URL: <https://www.thurgautravel.ch/> (дата обращения 15.10.2019).
11. Сайт компании «Мостурфлот» – [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mosturflot.ru/post?id=29188> (дата обращения 15.10.2019). ■

**А**втономная газификация отдаленных населенных пунктов России, особенно ее восточных регионов с относительно низкой плотностью населения и суровыми климатическими условиями, за счет доставки и регазификации сжиженного природного газа (СПГ) необычайно актуальна. В эти регионы энергоносители завозятся в период короткой летней навигации, поэтому уменьшение длины «плеча» доставки энергоносителей имеет огромное экономическое и социальное значение. Выбор СПГ в качестве инновационного вида энергоносителя определяется тем, что основные производственные мощности СПГ страны уже сконцентрированы в северных регионах.

Введен в эксплуатацию завод Амал-СПГ, который производит 10 млн. т СПГ в год. На Гыданском полуострове строится завод по проекту АрктикСПГ-2, плановая производительность которого составит 19,8 млн. т СПГ в год. Учитывая региональные потребности в энергоносителях, часть производимого на этих заводах СПГ рационально направить на внутренний рынок. Для решения логистических задач при формировании структуры потребления СПГ целесообразно использовать специализирован-

## КОНСТРУКЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ТИПОВ КОРПУСОВ КРИОГЕННЫХ БАРЖ-РЕЗЕРВУАРОВ ХРАНЕНИЯ СПГ

**А. Ю. Баранов**, д-р. техн. наук, проф.,  
**Л. В. Иванов**, студент магистратуры,  
Санкт-Петербургский научно-исследовательский университет  
информационных технологий, механики и оптики,  
[abaranov@corp.ifmo.ru](mailto:abaranov@corp.ifmo.ru), [levladiv@mail.ru](mailto:levladiv@mail.ru),  
контакт. тел.: +7 (911) 915 6440, +7(950) 024 6515

ный речной транспорт. Это потребует организации производства речных танкеров-газовозов, которые пока в России не строятся. Наряду с этим необходимо сформировать локальную инфраструктуру для накопления, хранения, регазификации СПГ, а также для распределения газообразного энергоносителя. Первоначальная проблема формирования такой инфраструктуры — это организация хранения СПГ, доставленного водным транспортом.

Существуют и действуют проекты крупных портовых баз хранения и плавающих регазификационных станций —

FSRU (floating storage and regasification unit). Однако готовых технических решений для организации малотоннажного хранения СПГ для нужд автономной газификации пока нет, хотя существует много концептуальных подходов к реализации хранения СПГ в местах с неразвитой инфраструктурой потребления. Предлагается использовать для этого как несамостоятельные баржи, так и портовые резервуары различных типов.

Проекты строительства регазификационных барж хранения уже реализуются. Первая подобная баржа была построена по заказу компании Exmar для

Характеристики наливных барж

| Проект баржи, тип        | Длина, м | Ширина, м | Осадка, м | Объем груза, тыс. м <sup>3</sup> |
|--------------------------|----------|-----------|-----------|----------------------------------|
| Пр. 004ROB05, тип ПАЛОЙЛ | 93       | 16,7      | 3,4       | 4,62                             |
| Пр. 102                  | 100      | 16        | 3,6       | 5,50                             |
| Пр. 1635 ТМ              | 73,2     | 11        | 3,2       | 2,56                             |
| Пр. 16800НЗ              | 102,7    | 16,9      | 2,53      | 3,75                             |
| Пр. 16802М               | 85,5     | 17        | 2,95      | 3,10                             |
| Пр. 2731                 | 90,8     | 16,4      | 3,6       | 4,62                             |
| Пр. 2734                 | 108,32   | 16,86     | 3,1       | 6,25                             |
| Пр. 459 Н                | 78,35    | 15,44     | 2,12      | 2,31                             |
| Пр. 81370                | 71,7     | 14,3      | 1,56      | 1,12                             |
| Пр. 81770                | 109,74   | 14,08     | 2,45      | 3,38                             |
| Пр. 82230                | 110,9    | 20        | 2,6       | 5,28                             |
| Пр. 82380                | 107,03   | 21,07     | 2,75      | 5,62                             |
| Пр. JSL-702              | 63,6     | 12,9      | 1,2       | 0,75                             |
| Пр. ROB20                | 118,79   | 22,8      | 2,75      | 7,52                             |
| Пр. Р-27к                | 111,2    | 20,4      | 2,6       | 5,73                             |
| Пр. БМ-1000              | 70,2     | 14,4      | 1,56      | 1,25                             |
| Пр. Р-167                | 113,7    | 21,28     | 3,5       | 7,81                             |
| Пр. Р-43                 | 114,55   | 27,25     | 4         | 11,50                            |

Таблица 2

Характеристики проектов барж-площадок

| Проект баржи, тип     | Длина, м | Ширина, м | Осадка, м | Грузоподъемность, тыс. т |
|-----------------------|----------|-----------|-----------|--------------------------|
| Пр. 03060             | 102,3    | 16,5      | 3         | 3,63                     |
| Пр. 16800             | 84,91    | 17,5      | 2,95      | 3,10                     |
| Пр. RDB15             | 96       | 16,73     | 3,54      | 4,27                     |
| Пр. Р 56              | 86       | 17,3      | 2,63      | 2,80                     |
| Eastern Constellation | 100,65   | 36,6      | 4,72      | 13,17                    |
| Eastern Comet         | 100,65   | 36,6      | 4,8       | 13,80                    |
| Eastern Nova          | 95,15    | 30,6      | 4,8       | 11,00                    |
| Eastern Stellar       | 88,39    | 27,4      | 4,32      | 8,00                     |
| Eastern Republic      | 76,2     | 24,4      | 4,15      | 5,60                     |
| Scena 2801            | 85,34    | 24,4      | 3,76      | 6,00                     |

Таблица 3

Параметры танков типа С

| Тип танка      | Объем танка, м <sup>3</sup> | Длина, м | Ширина, м | Удельная масса танка, т/м <sup>3</sup> |
|----------------|-----------------------------|----------|-----------|----------------------------------------|
| Цилиндрический | 2000                        | 29,3     | 9,5       | 0,073                                  |
| Двудольный     | 4500                        | 40       | 15        | 0,066                                  |

эксплуатации в Республике Бангладеш [1]. Показано, что оптимальным конструктивным решением этого являются танки небольшого размера типа С [4]. Созданы концепты барж для СПГ с использованием танков этого типа вместимостью от 7,5 до 15 тыс. м<sup>3</sup>.

Учитывая то, что плавучие хранилища могут иметь различные исполнения корпусов, ниже будут рассмотрены хранилища с наливным корпусом, хранилища на основе барж-площадок, с установкой на поверхности площадки резервуаров типа С, а также бетонные хранилища-дебаркадеры.

Для хранения СПГ предлагается модернизировать традиционные плавучие средства, установив внутри корпуса криогенные танки типа В призматической формы. Использование подобных танков позволяет максимизировать коэффициент использования трюмного пространства. Танки типа В – независимые и производятся отдельно от корпуса судна, что значительно упрощает модернизацию плавсредств. Призматические танки типа В системы IHISPB уже применяются на плавучих регазификационных терминалах [5]. Преимуществом конструкции танков этого типа является то, что уровень их заполнения может меняться без ущерба для прочности всей конструкции.

Мембранные же системы хранения СПГ, в которых объем груза подвержен влиянию волн, так называемому явлению слошинга, использовать для реконструкции малых плавучих средств нерационально.

Для унификации проектов барж для хранения СПГ необходимо проанализировать характеристики уже существующих наливных барж. Основные характеристики приведены в табл. 1 [6].

Критерием для сравнения барж различных типов будет коэффициент полезного использования грузоподъемности, который представляет собой отношение фактической массы груза к максимальной грузоподъемности баржи. Исходя из того, что коэффициент использования трюмного пространства танков типа В достаточно велик, затраты трюмного пространства на теплоизоляцию танков с СПГ относительно малы. Можно допустить, что при переходе на хранение СПГ объем хранилища не изменится, тогда коэффициент полезного использования грузоподъемности всех барж, указанных в табл. 1, составит 0,56 т/т.

Поскольку удельный вес системы IHISPB равен 0,015 т/м<sup>3</sup> [7], расчетный коэффициент использования грузоподъемности составит 0,58. При дальнейшем анализе надо учитывать, что часть грузоподъемной силы судна надо резервировать для того, чтобы учесть вес системы регазификации СПГ и криогенного насосного оборудования.

Совершенно другая ситуация складывается при проектировании барж-площадок, на которых СПГ хранится в криогенных танках типа С, размещенных на поверхности палубы баржи. В этом случае следует оценить коэффициент использования палубной площади.

Характеристики существующих проектов барж-площадок приведены в табл. 2 [8,9].

Применяются два основных вида танков типа С: цилиндрические и двудольные. Цилиндрические более просты в изготовлении и монтаже, однако имеют большую металлоемкость. Двудольные танки (рис. 1) рациональнее используют палубное пространство, однако требуют больше площади для размещения. Однако конструкции двудольных танков имеют свои недостатки. Главные – большая площадь поверхности изоляции и большая масса наружного корпуса. У двудольного танка площадь поверхности

на 28% больше, чем у цилиндрического, в связи с чем приходится применять более толстую теплоизоляцию. В танках типа С образующийся отпарной газ остается внутри танка, повышая в нем рабочее давление. При достижении максимально допустимого давления отпарной газ сбрасывается. Однако учитывая специфику использования резервуара, из него постоянно будет отбираться газ на регазификацию, что не позволит накапливаться из-



Рис. 1. Двудольный танк типа С



Вместимость барж при установке двудольных танков

| Количество танков | Коэффициент использования палубного пространства | Объем танков, м <sup>3</sup> | Масса танков, т | Масса СПГ, т | Коэффициент использования грузоподъемности | Коэффициент полезного использования грузоподъемности |
|-------------------|--------------------------------------------------|------------------------------|-----------------|--------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| 1                 | 0,35                                             | 4500                         | 297             | 2025         | 0,64                                       | 0,56                                                 |
| 1                 | 0,41                                             | 4500                         | 297             | 2025         | 0,75                                       | 0,65                                                 |
| 1                 | 0,37                                             | 4500                         | 297             | 2025         | 0,54                                       | 0,47                                                 |
| 1                 | 0,41                                             | 4500                         | 297             | 2025         | 0,83                                       | 0,72                                                 |
| 5                 | 0,81                                             | 22 500                       | 1485            | 10 125       | 0,88                                       | 0,77                                                 |
| 5                 | 0,81                                             | 22 500                       | 1485            | 10 125       | 0,84                                       | 0,73                                                 |
| 4                 | 0,824292                                         | 18 000                       | 1188            | 8100         | 0,84                                       | 0,74                                                 |
| 3                 | 0,743222                                         | 13 500                       | 891             | 6075         | 0,87                                       | 0,76                                                 |
| 2                 | 0,645411                                         | 9000                         | 594             | 4050         | 0,83                                       | 0,72                                                 |
| 2                 | 0,576287                                         | 9000                         | 594             | 4050         | 0,77                                       | 0,68                                                 |

Таблица 5

Вместимость барж при установке цилиндрических танков

| Количество танков | Коэффициент использования палубного пространства | Объем танков, м <sup>3</sup> | Масса танков, т | Масса СПГ, т | Коэффициент использования грузоподъемности | Коэффициент полезного использования грузоподъемности |
|-------------------|--------------------------------------------------|------------------------------|-----------------|--------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| 3                 | 0,49                                             | 6000                         | 438             | 2700         | 0,86                                       | 0,74                                                 |
| 2                 | 0,37                                             | 4000                         | 292             | 1800         | 0,67                                       | 0,58                                                 |
| 4                 | 0,69                                             | 8000                         | 584             | 3600         | 0,98                                       | 0,84                                                 |
| 2                 | 0,37                                             | 4000                         | 292             | 1800         | 0,75                                       | 0,64                                                 |
| 12                | 0,91                                             | 24000                        | 1752            | 10800        | 0,95                                       | 0,82                                                 |
| 13                | 0,98                                             | 26000                        | 1898            | 11700        | 0,98                                       | 0,85                                                 |
| 10                | 0,96                                             | 20000                        | 1460            | 9000         | 0,95                                       | 0,82                                                 |
| 7                 | 0,80                                             | 14000                        | 1022            | 6300         | 0,91                                       | 0,79                                                 |
| 5                 | 0,75                                             | 10000                        | 730             | 4500         | 0,93                                       | 0,81                                                 |

лишкам отпарного газа. Для определения оптимальной теплоизоляции требуются дополнительные исследования.

Параметры стандартных двудольных и цилиндрических танков типа С приведены в табл. 3 и табл. 4 [10, 11].

Основными критериями для оценки барж-площадок будут коэффициент использования палубного пространства, показывающий, какая доля от палубного пространства занята непосредственно танками СПГ; коэффициент использования грузоподъемности, показывающий, какая доля максимальной грузоподъемности баржи занята при полной загрузке всех танков.

При палубном размещении резервуаров решающее значение играет грузоподъемность баржи, а не площадь палубного пространства. При математическом моделировании было обнаружено, что ресурсы грузоподъемности исчерпываются гораздо раньше, чем ресурсы площади палубы.

Часть палубного пространства используется для размещения регазификационного и насосного оборудования. Среднее значение коэффициента полезного использования грузоподъемности барж-площадок с установкой на них двудольных танков составляет 0,68.

Однако при эксплуатации могут возникнуть проблемы с грузоподъемностью палубы (deckloadingcapacity). Двудольные танки – это массивные сооружения, и для оценки влияния их веса на состояние палубы во время длительной эксплуатации требуются дополнительные исследования прочности конструкций.

Аналогичный анализ выполнен для цилиндрических танков. Результаты представлены в табл. 5.

Максимальные значения коэффициентов использования палубного пространства и коэффициента использования грузоподъемности будут определены в дальнейших исследованиях. При имеющихся данных коэффициент полезного использования грузоподъемности для барж-площадок с установленными на них цилиндрическими танками типа С составляет 0,76.

Далее рассмотрена ранее неприменяемая в мире конструкция плавучего хранилища с использованием в качестве плавучего средства железобетонного дебаркадера. Единственное железобетонное судно для перевозки и хранения сжиженных газов – танкер «AndjunaSakti», построенный по экспериментальному проекту в 1975 г. По сравнению с наливными баржами и баржами-площадками железобетонные дебаркадеры имеют ряд неоспоримых преимуществ. При их строительстве можно применять модульную компоновку [12], что значительно облегчает унификацию хранилищ СПГ на различный объем.

Дебаркадерные модули выполняются полыми внутри. Это облегчает их конструкцию, соответственно, увеличиваются грузоподъемность и подпалубное пространство, которое может быть использовано в том числе для размещения емкостей хранения СПГ, например танков типа В, аналогичных тем, что предлагаются к использованию на наливных баржах. Из-за меньшего удельного веса призматических танков типа В подобная компоновка повышает коэффициент использования грузоподъемности.

Для максимизации этого коэффициента использования грузоподъемности на палубной площади можно размещать резервуары цилиндрические или двудольные резервуары типа С. Подобное решение позволяет максимально рационально использовать грузоподъемность плавучего хранилища.

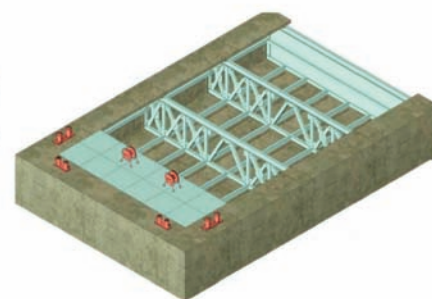
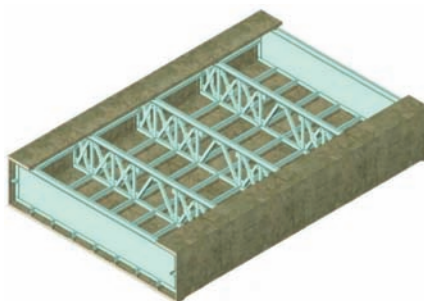


Рис. 2. Схемы модулей дебаркадеров

Параметры модульных дебаркадеров

| Количество модулей | Суммарная грузоподъемность, т | Объем танков под палубой, м <sup>3</sup> | Масса СПГ в подпалубном танке, т | Количество цилиндрических танков | Объем цилиндрических танков СПГ на палубе, м <sup>3</sup> |
|--------------------|-------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| 1                  | 990                           | 576                                      | 259,2                            | 1                                | 2000                                                      |
| 2                  | 2050                          | 1728                                     | 777,6                            | 2                                | 4000                                                      |
| 3                  | 3160                          | 2880                                     | 1296,1                           | 3                                | 6000                                                      |
| 4                  | 4280                          | 4032                                     | 1814,6                           | 4                                | 8000                                                      |

Таблица 7

Сравнительный анализ корпусов плавучих хранилищ

| Характеристика                                       | Наливная баржа                                                                                   | Баржа-площадка                                                                                           | Железобетонный дебаркадер                                                                                                        |
|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Стоимость строительства / модернизации               | Большая стоимость модернизации типовых проектов с установкой танков типа В                       | Низкая стоимость модернизации и установки танков типа С                                                  | Необходимость разработки новых проектов корпусов, адаптированных к хранению СПГ                                                  |
| Металлоемкость систем хранения груза                 | Низкая металлоемкость. Удельный вес системы – 0,015 т/м <sup>3</sup>                             | Удельный вес цилиндрических танков – 0,073 т/м <sup>3</sup> , двудольных танков – 0,068 т/м <sup>3</sup> | Комбинация из танка типа В для трюмного пространства и цилиндрических на палубном пространстве                                   |
| Обслуживание и ремонт                                | Требуется ремонт с проверкой днища раз в 5 лет. Ремонт с докраской необходимо проводить на слипе |                                                                                                          | Ремонт прост и не требует для этого полной остановки эксплуатации дебаркадера                                                    |
| Коэффициент полезного использования грузоподъемности | 0,56                                                                                             | Для двудольных танков – 0,68<br>Для цилиндрических танков – 0,76                                         | Возможность комбинирования различных типов танков позволяет максимизировать коэффициент полезного использования грузоподъемности |
| Ледовый класс                                        | Необходимость подбора корпуса под специфические ледовые условия                                  |                                                                                                          | Жесткий железобетонный корпус легко работает во льдах                                                                            |
| Возможность унификации проектов                      | Существует                                                                                       |                                                                                                          | Возможна многомодульная компоновка позволяющая состыковывать одинаковые модули для большего объема хранения СПГ                  |
| Простота пусконаладочных процедур                    | Простой транспорт к месту эксплуатации                                                           |                                                                                                          | Сложный транспорт к месту эксплуатации                                                                                           |
| Дополнительные параметры                             | –                                                                                                | –                                                                                                        | Возможность использовать дебаркадер в качестве стационарного причала                                                             |

Кроме того, для железобетонных судов требуется менее дорогая сталь по сравнению с дефицитной листовой и профильной, используемой в металлическом судостроении.

Значительная выгода есть и при эксплуатации. Железобетонные суда не требуют периодических ремонтов, докования или подъема на слип с целью обновления окраски, что обязательно для металлических судов. Долговечность корпуса железобетонных дебаркадеров в 1,5–2 раза больше, чем стальных конструкций. Срок службы железобетонных судов считается равным 70 годам [13], это уменьшает размеры амортизационных отчислений и сокращает расходы по их содержанию.

В табл. 7 приведен сравнительный анализ наливных барж, барж-площадок и железобетонных дебаркадеров для хранения СПГ.

Таким образом, использование железобетонных дебаркадеров в качестве основы для плавучего хранилища СПГ представляется оптимальным решением поставленной проблемы. Это позволяет добиться максимального коэффициента полезного использования грузоподъемности благодаря установке криогенных танков различных типов.

Хотя пока не существует проектов плавучих хранилищ на основе железобетонных дебаркадеров, но они могут быть быстрее и проще реализованы за счет низкой стоимости строительства плавучих железобетонных конструкций.

Эксплуатационные издержки железобетонных дебаркадеров также значительно меньше, чем металлических корпусов. Большой безремонтный период и простота проводимого ремонта делают их экономически более выгодными.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Construction completed on world's first floating LNG storage and regasification barge URL – <http://www.insideenergymagazine.com/index.php/magazine/magazine/2-uncategorised/51-construction-completed-on-world-s-first-floating-lng-storage-and-regasification-barge> (дата обращения 20.09.2019).
2. Иванов Л. В., Анохин А. В., Баранов И. В., Миронова Д. Ю. Исследование механизмов повышения экономической эффективности транспортировки топливных ресурсов // Научный журнал НИУ ИТМО: Сер. Экономика и экологический менеджмент. – 2019. – №3(38).
3. Wärtsila. Floating storage and regasification barges, 2017 URL – <https://www.wartsila.com/docs/default-source/power-plants-documents/lng/floating-storage-and-regasification-barges-2017.pdf> (дата обращения 20.09.2019).
4. Баранов А. Ю., Иванов Л. В. Анализ конструктивных особенностей систем хранения

груза для модернизации проекта речного танкера класса река-море // Морской вестник. – 2019. – №3(71). – С 18-22.

5. IHI To Supply SPB LNG Tanks for FSRU URL – <https://www.lngworldnews.com/ihi-to-supply-spb-lng-tanks-for-fsru/> (дата обращения 27.10.2019).
6. Несамостоятельные наливные суда URL – <https://fleetphoto.ru/projects/370/> (дата обращения 27.10.2019);
7. Nagata Y., Tanoue A., Kida T., Kawai T. IHI SPB Tank for LNG fueled ships // IHI Engineering Review. – 2015. – №2 (47).
8. Перечень судов компании ENA Eastern Navigation URL – <http://www.easternnavigation.com/fleet/> (дата обращения 28.10.2019).
9. Несамостоятельные грузовые суда URL – <https://fleetphoto.ru/projects/371/> (дата обращения 28.10.2019).
10. Guedes Soares C., Parunov Josko. Advanced Ship Design For Pollution // Prevention CRC Netherlands Press/Balkema. – 2010, 303 p.
11. Space-Fitting Prismatic Pressure Vessel for Fuel LNG Storage. – 2017 URL – <http://naturalgasglobal.com/2017/02/03/619/> (дата обращения 28.10.2019).
12. Изготовление модульного железобетонного корпуса дебаркадера URL – <http://www.tionstroy.ru/sudostroenie/izgotovlenie-modulnogo-zhelezobetonnogo-korpusa.html#prettyPhoto> (дата обращения 28.10.2019).
13. МУ № 17/08-01 «Дефектация железобетонного корпуса судна. Методические указания», 17.08.2012. ■



**В** 2020 г. АО «КБ «Вымпел», одно из старейших конструкторских бюро по проектированию судов в стране, отмечает свой 90-летний юбилей. Образованное на базе Ленинградского Центрального бюро по морскому судостроению, Сормовское отделение Судопроекта в 1930 г. получило статус самостоятельной организации «Речсудопроект». За последующие 90 лет КБ прошло становление от небольшой организации, насчитывавшей около 30 сотрудников и решавшей задачи, связанные с проектированием судов для речного судоходства, до одного из наиболее квалифицированных в стране судопроектных предприятий с широкой номенклатурой создаваемых судов, обеспечивающих выполнение всего спектра работ от разработки идеи до оказания квалифицированной помощи при строительстве.

## СТАНОВЛЕНИЕ БЮРО

За первое десятилетие штатный состав молодого бюро увеличился с 30 до 250 человек, а в техническом плане прошел путь от проектирования речных сухогрузных барж до трехпалубного пассажирского судна «Комсомол Урала» с турбозлектрической гребной установкой. В 1930-е гг. по проекту КБ Сормовским судостроительным заводом были построены серии сухогрузных теплоходов типа «Абхазия» («Малая Данилиха») и «Башкирия» («Большая Данилиха»), ставшие своеобразными родоначальниками современных речных грузовых судов. В этот период закладывались основные принципы организации конструкторской работы: обеспечение технического обслуживания заводов при строительстве судов, учет рекламаций, поступающих от заводо-строителей, взаимное визирование чертежей между подразделениями бюро. Проводились мероприятия по снижению металло- и материалоемкости проектируемых судов, впервые введен весовой контроль разрабатываемых конструкций, создавались первые стандарты по судостроению, судовому машиностроению и оборудованию.

## «ВСЕ ДЛЯ ФРОНТА, ВСЕ ДЛЯ ПОБЕДЫ...»

В 1941–1945 гг. вся деятельность ЦКБ «Вымпел» была подчинена интересам защиты Родины. Бюро не подверглось эвакуации, а конструкторский состав был усилен эвакуированными из Ленинграда специалистами, что позволило возложить на него широкий круг задач по разработке судов, способных принимать участие в боевых операциях.

В короткие сроки под руководством конструктора Н. Г. Лощинского был усовершенствован проект большого охотника за подводными лодками пр. 122А, 122Б – усилено вооружение, снижена

# КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО «ВЫМПЕЛ» – 90 ЛЕТ НА РЫНКЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СУДОВ

**В.В. Шаталов, проф., ген. директор АО «КБ «Вымпел»,  
контакт. тел. (831) 433 4149**



*Модель большого охотника за подводными лодками пр.122Б*

шумность, увеличена мореходность. Всего в период с 1939 по 1955 г. несколькими заводами страны были построены и сданы флоту более 200 ед. больших охотников за подводными лодками различных модификаций пр. 122. Корабли несли службу на всех флотах СССР – Балтийском, Черном и Каспийском морях, на Севере и Дальнем Востоке, они входили как в состав ВМФ, так и в состав морских частей пограничных войск.

Для речных и озерных переправ был разработан десантный мотобот пр. 165 (главный конструктор – П. М. Кожевников) вместимостью до 60 десантников с личным оружием. В годы войны на Гороховском судостроительном заводе построено более 100 десантных катеров этого типа. Одной из многих десантных операций на Черном море с участием мотоботов повышенной живучести была операция по созданию плацдарма «Малая Земля» в районе Новороссийска.

Важным направлением стало проектирование противоминных судов – тралбарж, прорывателей минных заграждений, а также судов безобмоточного размагничивания. Транспортные речные суда, построенные по проектам бюро, выполнили большую работу по форсированному обеспечению перевозок топлива, продовольствия, раненых, оказали огромную помощь в битве за Волгу.

Наряду с военными заказами продолжалось проектирование судов для народного хозяйства: морских, рейдовых и речных буксиров, разъездных пассажирских катеров, морских и речных сухогрузных и наливных барж, грунтоотвозных шаланд. Разработаны первые железнодорожные паромы для переправы через р. Амур пр. 723, пр. 723У (главный конструктор – В. М. Керичев). Паромы были рассчитаны на перевозку 32 двухосных вагонов общим весом около 1000 т и обеспечивали пассажироместность – 130 человек.

Всего в годы Великой Отечественной войны в КБ было разработано около 70 проектов различных типов судов, по которым построено более 3000 объектов судостроительной техники. За этими цифрами скрыт труд нескольких сот людей в тяжелых условиях военного времени. Многие работники бюро за самоотверженный труд в годы войны были награждены боевыми орденами и медалями. Как многократному победителю в соцсоревновании проектных организаций коллективу КБ «Вымпел» было передано на вечное хранение Красное Знамя Народного комиссариата судостроительной промышленности.

## ПОСЛЕВОЕННЫЕ ГОДЫ

В послевоенные годы деятельность КБ, как и всей страны, была направлена на восстановление народного хозяйства. Соединение судоходным каналом Волги и Дона, дноуглубление рек, увеличение пропускной способности портов и рост грузоперевозок обусловили необходимость создания судов смешанного плавания большой грузоподъемности, а также судов для Большой Волги.

В 1954 г. КБ «Вымпел» и заводом «Ока», г. Навашино, впервые было создано судно нового типа смешанного плавания. Мелкосидящий танкер пр. 566 типа «Олег Кошевой» имел грузоподъемность 4000 т и позволял осуществлять бесперевалочную перевозку нефтепродуктов между портами Каспийского моря и Астраханским портом. Проект второго поколения морских мелкосидящих танкеров типа «Инженер Пустошкин» грузоподъемностью более 6000 т был разработан КБ под руководством В. А. Евстифеева в 1956 г. Более 30 судов данного типа практически до конца 1970-х гг. составляли основу нефтеналивного флота Каспийского морского пароходства.

Одновременно с мелкосидящими танкерами КБ «Вымпел» был разработан сухогрузный теплоход нового типа – хлопкопесовоз «Инженер Белов» грузоподъемностью 3600 т. Суда пр. 570 эксплуатировались в Каспийском, Черном, Средиземном, Красном морях, а также на р. Лена. Дальнейшим развитием направления мелкосидящих грузовых судов было создание в 1960-е гг. второго поколения улучшенных судов типа «Килин» и его модификаций «Тикси» и «Советская Якутия».

Значительным достижением того периода можно назвать создание крупнотоннажного сухогрузного теплохода типа «Волго-Дон», пр. 507, главный конструктор – В. А. Евстифеев. Всего с учетом модификаций с 1960 по 1990 г. было построено более 200 судов данного типа. По проектам бюро строились первые крупные буксиры-толкачи типа «Зеленодольск», «Плевна», «ОТ-800», сухогрузные и наливные баржи грузоподъемностью от 50 до 6000 т, крупнотоннажные секционные составы.

Активно развивалась паромная специализация бюро. Для обеспечения переправы через р. Обь было построено четыре парома пр. 723М, которые впоследствии были перенаправлены на линию в Керченском проливе и переоборудованы с учетом района эксплуатации и конструктивных особенностей портов. На судостроительных заводах Астрахани, Северодвинска, Тюмени по проектам бюро было построено несколько морских автомобильно-пассажирских паромов с использованием прогрессивного метода въезда-выезда автомашин по принципу «прямого потока»: для Севастопольской бухты, для Моондзунского архипелага, для Бухтарминского водохранилища.

Большое значение для развития водных путей и портов имели построенные по проектам КБ суда технического флота: морские самоходные плавучие краны грузоподъемностью от 10 до 60 т, крановые суда-катамараны для Каспийского моря, понтоны для подъема затонувших судов, грунтоотвозные шланги, землесосы. КБ «Вымпел» одним из первых начало разработку проектов судов для обеспечения работ на континентальном шельфе. Первым плавучим сооружением такого типа стало морское самоходное двухкорпусное крановое судно типа «50 лет КПСС», построенное на Бакинском судостроительном заводе по пр. КС-100 (главный конструктор – В. Е. Губанов). По проектам бюро в различные годы были построены крановые суда грузоподъемностью от 25 до 250 т для обслуживания нефтяных месторождений, установки на грунт крупноблочных морских буровых оснований на глубинах до 60–70 м.



*Сухогрузный теплоход типа «Волго-Дон» пр. 507*

В КБ начаты работы по внедрению средств дистанционного управления и комплексной автоматизации управления судами, реализованы меры по повышению технологичности и внедрению секционного способа строительства судов, создана собственная производственно-экспериментальная база. Характерным для послевоенного периода становится проектирование судов со сложными системами электродвижения на постоянном токе, переход на электроснабжение судов переменным током, внедрение на проектируемых судах первых отечественных навигационных радиолокационных станций, новых палубных и вспомогательных механизмов. Численность персонала бюро увеличилась до 600 человек.

### **ЗОЛОТОЙ ВЕК КОНСТРУКТОРА**

Для судостроительной отрасли в 1960-е – 1980-е гг. были характерны рост объема строительства судов гражданского флота, разработка и строительство судов новых типов. КБ «Вымпел» выполняло значительный объем работ по совершенствованию и созданию новых типов мелкосидящих морских судов, транспортных судов, железнодорожных и автомобильных паромов, толкачей-буксиров, судов для освоения континентального шельфа, судов различного назначения для ВМФ.

Для развития контейнерных и пакетных перевозок под руководством М. В. Керичева КБ «Вымпел» были разработаны проекты мелкосидящего контейнеровоза-пакетовоза дедвейтом 5500 т типа «Василий Шукшин» и «Виталий Дьяконов». Для доставки грузов в отдаленные северо-восточные районы страны построены сухогрузные теплоходы смешанного плавания типа «Якутск» грузоподъемностью 2100 т. Большими сериями построены по проектам бюро речные сухогрузные теплоходы для перевозки овощей и тарно-штучных грузов.

Проектные работы по паромной специализации приобрели наибольший размах. К работе на Каспийской переправе приступили пять паромов пр. 721 типа «Советский Азербайджан», построенные на заводе «Красное Сормово». На Калининградском судостроительном заводе «Янтарь» по пр. 1809 было построено 10 морских железнодорожных ле-

докольных паромов типа «Сахалин». За создание железнодорожной паромной переправы Ванино–Холмск начальник бюро В. А. Евстифеев и заместитель главного конструктора проекта Ю. П. Волков удостоены звания лауреатов Премии Совета Министров СССР 1974 г. по строительству.

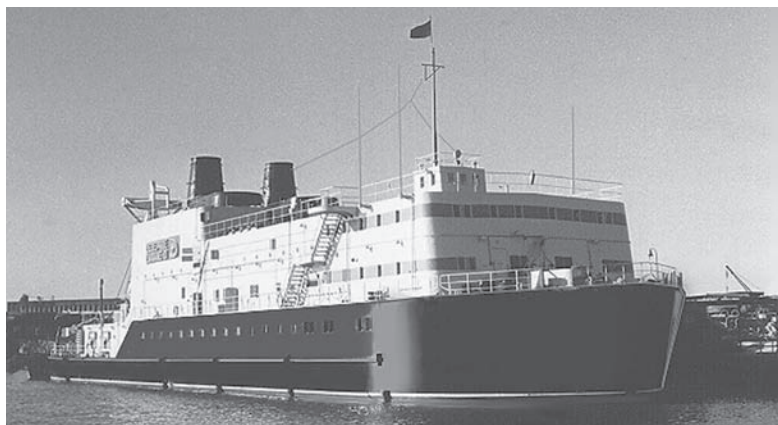
Еще одной знаковой работой, отмеченной Государственной премией Совета Министров СССР, стала разработка проекта плавучей газотурбинной электростанции мощностью 24000 кВт «Северное сияние», не имевшей мировых аналогов. В 1970-е гг. Тюменским судостроительным заводом было построено шесть плавучих газотурбинных электростанций для обеспечения энергоснабжением промышленных объектов и рабочих поселков в районах Крайнего Севера.

По проектам бюро созданы уникальные принципиально новые скоростные суда на воздушной подушке со скегами, суда атомно-технологического обеспечения, мобильные мостопереправочные средства для инженерных войск армии. В 1977 г. КБ «Вымпел» за большие заслуги в создании современных судов для народного хозяйства страны было награждено орденом Трудового Красного Знамени. К 1990 г. в КБ трудилось 919 человек.

### **НЕПРОСТЫЕ ДЕВЯНОСТЫЕ...**

В этот период основной задачей коллектива было выжить, сохранить основной квалифицированный состав КБ, найти силы и возможности перестроиться на рыночные рельсы. Одной из задач, необходимых для успешной конверсии был переход на новые автоматизированные системы проектирования. В сжатые сроки в начале 1990-х гг. КБ перешло на промышленное освоение автоматизированной системы проектирования AutoCAD, а в 1997 г. приобрело систему автоматизированного проектирования CAD/CAM TRIBON, позволившую довести качество проектных работ до международного стандарта и обеспечить высокий технический уровень и конкурентоспособность выполняемых проектных работ. Также переход к работе по правилам и нормам иностранных классификационных обществ (DNV, GL и др.) позволил КБ начать совместную работу с иностранными





*Плавучая электростанция «Северное сияние» пр. 1527*

проектными организациями. С немецкими и финскими коллегами КБ «Вымпел» принимало участие в разработке проектов для морских круизных паромов (рабочая конструкторская и плазово-техническая документация для серии автомобильных и пассажирских паромов: Tallink-IV (L-356), Brittany (L-357), Viking Line (L-358), Galaxy II (L-361), Genesis (L-363), Sea France (L-437), Tallink (L-433), Hoeg (P-3514). Так, в тяжелых условиях начала государственных преобразований современной России КБ удалось сохранить квалифицированные кадры, найти свое место в судостроительной отрасли благодаря освоению автоматизированных методов проектирования, переходу к работе по правилам и нормам иностранных классификационных обществ. Это стало основой успешной совместной работы с немецкими и финскими компаниями при проектировании морских круизных судов и паромов, позволило с высоким качеством выполнить проекты по заказам ВМФ.

### **КБ «ВЫМПЕЛ» В НОВОМ ВЕКЕ**

Вступая в новый век, КБ «Вымпел» не только уверенно удерживало лидирующее положение по традиционной специализации, но и предпринимало значительные усилия по расширению профессиональных возможностей за счет освоения новых направлений проектирования – крупнотоннажных судов, пассажирских, рыбопромысловых, научно-исследовательских судов, ледоколов. Применительно к нефтегазовой сфере был проработан ряд принципиально новых судов технических средств: суда-газовозы для транспортировки природного газа под давлением (CNG), плавучие объекты для подготовки природного газа, плавучие энергетические объекты, мобильные буровые установки, энергетические объекты на воздушной подушке, суда-снабженцы буровых платформ, плавучие нефтехранилища.

С учетом ужесточившихся требований к экономичности, экологичности и безопасности эксплуатации судов в начале

2000-х гг. КБ «Вымпел» были разработаны проекты универсальных сухогрузных теплоходов нового поколения грузоподъемностью свыше 5000 т типа «Валдай» (пр. 01010) и «Русич» (пр. 10101, 30101, 40101); морских танкеров дедвейтом 12 000 т для перевозки сырой нефти и нефтепродуктов (пр. 00210, 00230) для казахских компаний. По заказу ОАО «Газфлот» судостроительной верфью ОАО «Красные баррикады» в 2009 г. был построен морской танкер-заправщик пр. 00120 дедвейтом 3200 т; ОАО «Красноярская судостроительная верфь» в 2016 г. сдан танкер-бункеровщик дедвейтом 1200 т, построенный по пр. 00213 для ГМК «Норильский никель».

В 2010 г. заводом «Окская судостроительная верфь» сдан в эксплуатацию головной танкер-химовоз смешанного плавания дедвейтом 5400/6600 т пр. 00216. В настоящее время на площадке Астраханского судостроительного производственного объединения (АСПО) ведется строительство танкеров дедвейтом 7900 т по модернизированному пр. 00216М, технический проект разработан АО «КБ «Вымпел», рабочая документация – ПАО «Невское ПКБ». АО «Центр судоремонта «Дальзавод» в 2019 г. завершено строительство второго танкера дедвейтом 3100 т по пр. 00211, разработанному АО «КБ «Вымпел», головное судно РН «Сахалин» сдано в 2018 г.

Для транспортного развития Дальнего Востока на Амурском судостроительном заводе ведется строительство новых

паромов для линии Ванино–Холмск, разработку документации для строительства и техническое сопровождение постройки осуществляет АО «КБ «Вымпел». Предполагается эксплуатация паромов в Татарском проливе на линии Ванино–Холмск для замены работающих в настоящее время паромов типа «Сахалин». Строительство двух грузопассажирских паромов вместимостью до 26 грузовых вагонов, 39 автопоездов на главной палубе и 200 пассажиров для линии Ванино–Холмск было начато в 2017 г.

Для обеспечения транспортных связей в Балтийском регионе КБ «Вымпел» также выполнен ряд перспективных разработок. По заказу ФГУП «Росморпорт» в 2009 г. КБ «Вымпел» разработало технический проект грузопассажирского паромы, предназначенного для круглогодичной эксплуатации на линии «Усть-Луга – Балтийск – порты Германии», вместимостью до 122 вагонов, 290 автопоездов и 332 пассажиров. Значительный задел на перспективу был сформирован благодаря выполненным в последние годы проектным проработкам грузопассажирского паромы для балтийского моря, а также перспективных круизных пассажирских судов, в том числе для туристических рейсов в высоких широтах. Сейчас КБ «Вымпел» ведет работы по проектированию морских круизных судов пассажировместимостью более 2000 человек.

Строительство скоростных пассажирских судов – одно из востребованных направлений в современном судостроении. В 2017 г. КБ «Вымпел» был проработан новый облик судов на воздушной подушке со скегами типа «Луч» вместимостью до 70 человек для скоростных перевозках на реках и типа «Баргузин» вместимостью до 125 пассажиров, предназначенного для прогулочно-экскурсионных маршрутов на крупных озерах, реках, водохранилищах.

В последнее десятилетие АО КБ «Вымпел» активно занимается разработкой рыбопромысловых и научно-исследовательских судов. В 2011 г. был разработан концептуальный проект научно-исследовательского судна для комплексных



*Судно на воздушной подушке со скегами типа «Баргузин»*

рыбохозяйственных и океанографических исследований в Антарктике. Проект предусматривал оборудование судна операционным центром, ихтиологическим и океанологическим блоками, лабораторией подводных видеосистем, гидробиологической и гидрохимической лабораториями с рыбоперерабатывающим цехом производительностью 20 т/сут. В 2013 г. в рамках федеральной целевой программы «Развитие гражданской морской техники на 2009–2016 гг.» был разработан проект большого морозильного траулера-минтаелова с рыбоперерабатывающим комплексом по выработке замороженной продукции и сырья производительностью 1000 т в сутки. В соответствии с требованиями Правительства Российской Федерации к инвестиционным проектам на добычу (вылов) водных биологических ресурсов был выполнен ряд проработок для рыбопромыслового флота. Накопленный опыт позволил «Вымпелу» в 2018 г. приступить к разработке документации для строительства морозильного траулера пр. СТ-192 на предприятии «Адмиралтейские верфи».

Проектирование современных высокоавтоматизированных вспомогательных судов для военно-морского флота, оснащенных комплексами наукоемкого оборудования и вооружения, является одним из приоритетных направлений деятельности КБ «Вымпел». По проектам бюро серийно строятся и несут службу на всех флотах гидрографические суда, транспорты вооружения, транспортно-буксирные, аварийно-спасательные и водолазные суда, суда экологического мониторинга. С 2008 г. несколькими судостроительными заводами ведется строительство крупной серии катеров специального назначения пр. 21980, знаменитых «Грачат». Особо следует отметить, что в 2005 г. выполнена ответственная работа по подготовке проектно-конструкторской документации на модернизацию «Северной верфью» судна специального назначения – президентской яхты «Россия».

Одним из важнейших направлений в работе КБ «Вымпел» остается разработка судов для обращения с радиоактивными отходами (РАО). В 2000 г. по проекту, разработанному КБ совместно с фирмами США, Японии и Англии, в г. Комсомольск-на-Амуре построен плавучий завод «Ландыш» по очистке жидких радиоактивных отходов. За его создание авторский коллектив удостоен премии Правительства РФ в области науки и техники. В 2007 г. совместно с итальянской фирмой Fincantieri были выполнены проектные работы по созданию судна для перевозки контейнеров с отработавшим ядерным топливом «РосИта».

Особое место занимает ледокольная тематика. На основе конструкторской



**Многофункциональный ледокол пр. 21180М мощностью 7МВт**

документации, разработанной КБ «Вымпел», Выборгским судостроительным заводом построены три дизель-электрических ледокола мощностью 16 МВт (пр. 21900М), портовый ледокол «Обь» мощностью до 10 МВт. В ближайшее время на смену ледоколам типа «Ермак» и «Капитан Сорокин» придет новый ледокол пр. 22600 – «Виктор Черномырдин» – самый мощный неатомный ледокол отечественного флота. Уникальным опытом стало участие КБ «Вымпел» в проектировании ледокола «Илья Муромец» (пр. 21180) мощностью 7 МВт, построенного на предприятии «Адмиралтейские верфи» в 2017 г. Ледокол – это многофункциональное судно вспомогательного флота, способное решать такие задачи, как ледокольное обеспечение базирования и развертывания сил флота в ледовых условиях, самостоятельная проводка кораблей и судов, буксировка судов и других плавучих сооружений в ледовых условиях и на чистой воде, тушение пожаров на аварийных объектах, выполнение гидрографических работ, океанографические и гидрометеорологические исследования в Арктике. Сейчас в КБ ведется разработка проектной документации для строящегося на площадке судостроительной фирмы «Алмаз» ледокола «Евпатий Коловрат» (пр. 21180М) с уменьшенной осадкой.

В последние годы КБ «Вымпел» участвует в разработке проектной документации для строительства на предприятии «Адмиралтейские верфи» уникальной

ледостойкой дрейфующей платформы «Северное сияние» (пр. 00903), для проведения комплексных исследований в акватории Северного Ледовитого океана. Платформа сможет самостоятельно, без постоянной ледокольной проводки достигать района начала дрейфа в восточном секторе Арктики, примораживаться к льдине и осуществлять автономный дрейф продолжительностью около двух лет, а затем, после завершения цикла работ, выходить на точку начала следующего дрейфа. Платформа должна отправиться в свой первый дрейф в 2021 г., срок ее эксплуатации составит не менее 25 лет. Такие уникальные образцы морской техники, в которых воплощен глубокий научный опыт многих поколений, новейшее оборудование, высокая технологичность постройки, безопасность эксплуатации, современный дизайн и эргономичность – это ближайший вектор развития инженерной мысли в судостроении.

Сегодня КБ «Вымпел» обладает значительным потенциалом и может решать самые сложные задачи в области гражданского и военного судостроения. По его проектам на отечественных и зарубежных верфях построено свыше 6000 судов и других сложных технических объектов, что подтверждает высокий профессиональный потенциал коллектива бюро как одного из центров проектных компетенций АО «Объединенная судостроительная корпорация» в гражданском судостроении. ■



**Ледостойкая дрейфующая платформа «Северный полюс»**



**М**етод определения рисков выхода из строя объектов судового машиностроения (ИСМ) составляет основу анализа. Расчет риска позволяет установить, что, начиная с некоторого момента, затраты на дальнейшее сохранение качества ИСМ резко растут, а достигаемый с их помощью эффект становится все более незначительным. Поэтому при проектировании и производстве ИСМ появляется необходимость предосторожнительных мер, обеспечивающих поддержание на заданном уровне их качества. Такой подход является основой для сертификации и страхования производимой продукции, что необходимо для работы на мировом рынке.

За рубежом хорошо отлажена система контроля состояния технических средств и качества работы персонала. Ее основу составляют компьютерные технологии и статистические методы на всех уровнях транспортного процесса, от рабочих до руководителей отраслей [1, 2].

Эти методы включают построение диаграмм Парето и Исикавы, изучение изменчивости процесса с помощью контрольных карт, анализ соответствия допускам и регулирование параметров технологических процессов.

Качество работы персонала как при проектировании, так и при производстве продукции контролируется системой, при которой все успехи и упущения в работе каждого сотрудника заносятся в компьютерный формуляр. На основе информации формуляра ежемесячно начисляются заработная плата и премии. Причина каждого упущения в работе анализируется специалистом по управлению персоналом, который может принять одно из следующих решений: ограничиться записью в формуляр; направить работника на обучение; снизить заработную плату или премию; перевести на другую работу; уволить за грубое нарушение трудовой дисциплины.

Руководители всех уровней за упущения в работе подчиненных не наказываются [2]. Поэтому освобожденные от страха наказания они не боятся указывать на свои ошибки и ошибки других, а также обращаться за советом и помощью. В обстановке взаимного доверия и поддержки исключаются сокрытия истинного качества выполненной работы и состояния техники.

За рубежом велика роль структур, которые контролируют этапы выполнения проектных и производственных работ, состояние и обслуживание эксплуатируемых ИСМ [2]. Они обладают широкими полномочиями по выдаче обязательных рекомендаций, наложению штрафов и запретов, вплоть до запрещения деятельности структур проектирования и производства ИСМ.

## ФОРМИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЙ СУДОВОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

**М.А. Александров**, канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник, директор,  
**А.Г. Богданов**, зам. директора, 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

В связи с вышеизложенным при выработке стратегии совершенствования системы качества или концептуальной модели управления качеством важно максимально учитывать уже имеющийся отечественный и зарубежный опыт.

Для прогноза представляется целесообразным установить зависимость уровня качества от основных определяющих факторов. Уровень качества определяется следующими факторами:

- количеством эксплуатируемых ИСМ;
- состоянием ИСМ (процент неисправных, выработавших свой ресурс);
- уровнем ИСМ (объем и качество внедряемой новой техники, периоды между обновлением или модернизацией техники);
- численностью персонала, занятого в проектировании, производстве и сервисном обслуживании ИСМ;
- уровнем квалификации персонала (средний разряд, классность, про-

цент занятия должностей специалистами соответствующей квалификации и образования);

- дисциплиной трудовой и технологической;
- частотой использования и сроком эксплуатации ИСМ.

Математическую зависимость уровня качества ИСМ в первом приближении можно представить в виде линейной комбинации указанных факторов с соответствующими коэффициентами [3]:

$$Y = \sum_i k_i P_i, \quad (1)$$

где  $P_i$  – эффективность  $i$ -го фактора, определяемая его численным значением;  $k_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го фактора.

Эффективность каждого фактора будем определять с помощью непрерывной функции желательности Харрингтона (рис. 1). Данная функция позволяет установить связь между лингвистической шкалой оценки качества и значениями шкалы предпочтений  $d$ , указанными ниже.

### Взаимосвязь между эмпирической и числовой системами

| Эмпирическая система<br>(лингвистические значения) | Числовая<br>система, $d$ |
|----------------------------------------------------|--------------------------|
| Высокоэффективно .....                             | 1–0,81                   |
| Эффективно .....                                   | 0,8–0,64                 |
| Среднеэффективно .....                             | 0,63–0,38                |
| Малоэффективно .....                               | 0,37–0,21                |
| Неэффективно .....                                 | 0,2–0                    |

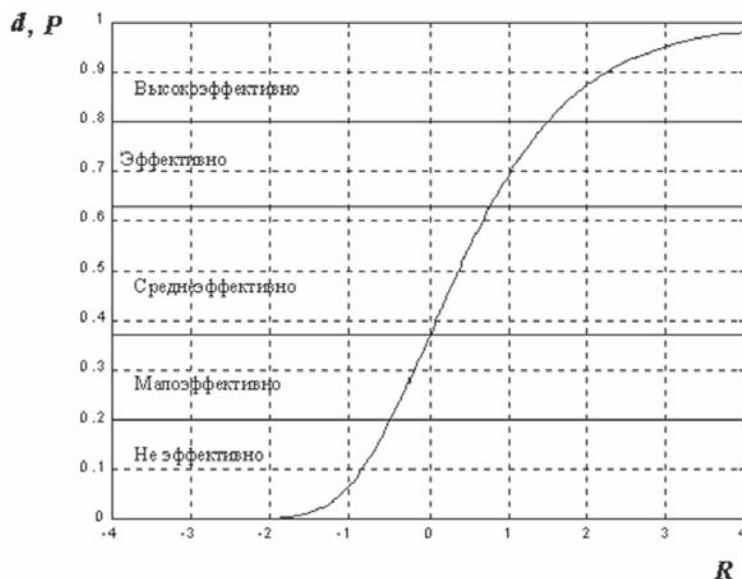


Рис. 1. Непрерывная функция желательности Харрингтона

Тогда эффективность факторов будем рассчитывать, используя функцию Харрингтона, следующим образом:

$$P_i = \exp(-\exp(-R)),$$

где  $R = [-4; 4]$  – значения лингвистической шкалы, определяемые в соответствии с численным значением  $i$ -го фактора. При этом

$$R = \frac{8F_i^{\text{тек}}}{F_i^{\text{опт}}} - 4 \text{ при } F_i^{\text{тек}} \leq F_i^{\text{опт}};$$

$$R = \frac{8(2F_i^{\text{опт}} - F_i^{\text{тек}})}{F_i^{\text{опт}}} - 4 \text{ при } F_i^{\text{тек}} > F_i^{\text{опт}},$$

где  $F_i^{\text{тек}}$  – текущее (оцениваемое) численное значение  $i$ -го фактора;  $F_i^{\text{опт}}$  – оптимальное (наилучшее) для обеспечения безопасности численное значение  $i$ -го фактора.

Поскольку указанные выше факторы различны по степени их значимости, для оценки уровня качества надо прежде всего определить коэффициенты важности (веса) каждого фактора. Для этого экспертам следует ранжировать все факторы, подставив в элементы квадратной матрицы цифры 0, 1 или 2 в соответствии со следующим правилом: если, по мнению эксперта, фактор в строке важнее фактора в столбце, то на пересечении строки и столбца ставится цифра 2, если фактор менее важный, то ставится цифра 0, если равноценный, то – цифра 1. Например, при наличии пяти факторов Ф1, Ф2, Ф3, Ф4, Ф5 исходная матрица выглядит следующим образом:

|    | Ф1 | Ф2 | Ф3 | Ф4 | Ф5 |
|----|----|----|----|----|----|
| Ф1 | 1  |    |    |    |    |
| Ф2 |    | 1  |    |    |    |
| Ф3 |    |    | 1  |    |    |
| Ф4 |    |    |    | 1  |    |
| Ф5 |    |    |    |    | 1  |

Если эксперт считает, что:

- фактор Ф1 важнее факторов Ф2 и Ф5, но менее важный, чем фактор Ф3, и такой же по важности, как фактор Ф4;
- фактор Ф2 более важный, чем фактор Ф3, но менее важный, чем фактор Ф4, и такой же по важности, как фактор Ф5;
- фактор Ф3 менее важный, чем фактор Ф4, и более важный, чем фактор Ф5;
- фактор Ф4 более важный, чем фактор Ф5, тогда заполненная экспертом матрица парных сравнений должна иметь следующий вид:

|    | Ф1 | Ф2 | Ф3 | Ф4 | Ф5 |
|----|----|----|----|----|----|
| Ф1 | 1  | 2  | 0  | 1  | 2  |
| Ф2 | 0  | 1  | 2  | 0  | 1  |
| Ф3 | 2  | 0  | 1  | 0  | 2  |
| Ф4 | 1  | 2  | 2  | 1  | 2  |
| Ф5 | 0  | 1  | 0  | 0  | 1  |

Для сокращения времени заполнения матрицы соответствующие цифры вписываются только в пустые ячейки матрицы, т.е. эксперт заполняет только верхний диагональный треугольник. Ячейки, в которых находится символ \* заполняются зеркально противоположно верхним ячейкам, т.е. если на пересечении  $l$ -й строки и  $j$ -го столбца стоит цифра 2, то на пересечении  $j$ -й строки и  $l$ -го столбца необходимо поставить цифру 0 и наоборот. Цифра 1 переносится, зеркально без изменений. Таким образом, окончательный вариант заполненной матрицы будет выглядеть так:

|    | Ф1 | Ф2 | Ф3 | Ф4 | Ф5 |
|----|----|----|----|----|----|
| Ф1 | 1  | 2  | 0  | 1  | 2  |
| Ф2 | *  | 1  | 2  | 0  | 1  |
| Ф3 | *  | *  | 1  | 0  | 2  |
| Ф4 | *  | *  | *  | 1  | 2  |
| Ф5 | *  | *  | *  | *  | 1  |

После заполнения всех элементов матрицы определяются коэффициенты важности каждого фактора следующим образом:

1. Для квадратной матрицы факторов определяется сумма цифр, стоящих в каждой  $l$ -й строке, т.е. вычисляются значения  $\sum_{j=1}^m C_{lj}$ , где  $j$  – столбец.

2. После этого складываются все цифры в столбце сумм строк, т.е. вычисляется значение  $\sum_{l=1}^m \sum_{j=1}^m C_{lj}$ .

Коэффициент важности по каждому фактору определяется как отношение суммы цифр в каждой строке к сумме цифр столбца сумм строк, т.е.

$$k_i = \sum_{j=1}^m C_{lj} / \sum_{l=1}^m \sum_{j=1}^m C_{lj}.$$

Например, для матрицы параметров

|    | Ф1 | Ф2 | Ф3 | Ф4 | Ф5 |
|----|----|----|----|----|----|
| Ф1 | 1  | 2  | 0  | 1  | 2  |
| Ф2 | 0  | 1  | 2  | 0  | 1  |
| Ф3 | 2  | 0  | 1  | 0  | 2  |
| Ф4 | 1  | 2  | 2  | 1  | 2  |
| Ф5 | 0  | 1  | 0  | 0  | 1  |

имеем для первой строки ( $l = 1$ )  $\sum_{j=1}^5 C_{1j} = 6$ ;

для второй строки ( $l = 2$ )  $\sum_{j=1}^5 C_{2j} = 4$ ;

для третьей строки ( $l = 3$ )  $\sum_{j=1}^5 C_{3j} = 5$ ;

для четвертой строки ( $l = 4$ )  $\sum_{j=1}^5 C_{4j} = 8$ ;

для пятой строки ( $l = 5$ )  $\sum_{j=1}^5 C_{5j} = 2$ .

Тогда для столбца сумм строк имеем  $\sum_{l=1}^5 \sum_{j=1}^5 C_{lj} = 25$ . Окончательно получаем

следующие значения коэффициентов важности (веса) факторов:

$$k_1 = \frac{6}{25} = 0,24; \quad k_2 = \frac{4}{25} = 0,16; \quad k_3 = \frac{5}{25} = 0,2;$$

$$k_4 = \frac{8}{25} = 0,32; \quad k_5 = \frac{2}{25} = 0,08.$$

Таким образом, наиболее значимым в данном примере является фактор Ф4. Затем в порядке убывания веса следуют факторы Ф1, Ф3, Ф2 и Ф5.

Общий уровень качества будет определяться выражением

$$Y = \sum_i k_i P_i,$$

где  $i = 5$  – число факторов;  $P_i$  – эффективность  $i$ -го фактора, определяемая его численным значением.

Следовательно, чем эффективнее реализованы наиболее весомые факторы (в данном примере Ф4 и Ф1), тем выше будет общий уровень качества даже при невысоком проценте выполнения остальных факторов, и наоборот, если менее важные факторы реализованы на 100 %, но при этом невысок процент реализации наиболее весомых факторов, общий уровень безопасности будет невысоким.

Полученное после суммирования значение  $Y = \sum_i k_i P_i$  будет находиться в интервале от 0 (очень низкий уровень безопасности) до 1 (очень высокий уровень качества). Значения  $Y \leq 0,37$  являются критическими уровнями качества. Для увеличения общего уровня качества необходимо обратить внимание на те факторы, которые имеют большие коэффициенты веса и при этом низкую эффективность. Зная весовые коэффициенты, по формуле (1) можно прогнозировать уровень качества.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Артамонов В. С., Звонов В. С., Маринов М. Л., Скороходов Д. А., Стариченков А. Л., Уткин Н. И. Безопасность водного транспорта и человеческий фактор. – СПб: УГПС МЧС РФ, 2011, с. 372.
2. Скороходов Д. А., Стариченков А. Л. Показатели надежности и безопасности при оценке и прогнозировании допустимых уровней состояния технических средств железнодорожного транспорта. – Транспорт России: Проблемы и перспективы. – Тр. Всерос. науч.-практ. конф. – М.: МИИТЮ, 2009.
3. Скороходов Д. А., Стариченков А. Л. Актуальные проблемы совершенствования систем управления безопасностью железнодорожного транспорта // Транспорт Российской Федерации. – 2009. – №1 (20). ■



**М**орские стационарные платформы (МСП) базируются на одной из старейших концепций мирового платформостроения. Основными конструктивными сегментами МСП являются опорные основания (ОО) и верхние строения (ВС).

Опорные основания стационарных сооружений могут иметь вид пространственной фермы решетчатой конструкции; гравитационной железобетонной колонны цилиндрической либо конической форм; ледовых гравитационно-кессонных либо свайных одноколонных конструкций и т.п.

Первая стационарная платформа была сооружена в 1935 г. на Каспийском море в районе о. Пираллахи (Артема) на металлических трубчатых сваях, устанавливаемых в шурфы, пробуренные с киржима. Спустя более десяти лет, в 1947 г. была построена стационарная платформа в Мексиканском заливе. Общее число стационарных платформ по всему миру исчисляется десятками тысяч.

В настоящей статье рассмотрены МСП со сквозным опорным блоком свайного типа, получившие наибольшее распространение в азербайджанском секторе Каспия.

В России первая МСП со сквозным опорным блоком свайного типа была построена в 80-е гг. прошлого столетия на месторождении «Кравцовская», расположенное на шельфе российского сектора Балтики [1]. Металлоконструкции опорного блока ее были спроектированы в НИПИ «Гипроморнефтегаз» (г. Баку). На начальном этапе освоения месторождения из-за отсутствия производственной базы по изготовлению элементов металлоконструкций опорного блока на Балтике первые секции опорного блока были изготовлены в Баку и на судах смешанного района плавания типа река–море доставлены в Калининград для последующего монтажа в море с помощью КМС «Станислав Юдин». В настоящее время на Балтике успешно функционирует завод по производству строительных металлоконструкций ООО «Лукойл-Калининградморнефть».

В нынешнем столетии на месторождениях имени Ю. Корчагина и В. Филановского, расположенных в российском секторе Каспия построены морские ледостойкие стационарные платформы кессонного типа с конической ледорезной частью со свайным креплением [3].

За долгие годы освоения каспийских нефтегазовых месторождений была разработана многочисленная линейка МСП свайного типа, отличающихся как массогабаритными характеристиками (высотой, размерами в плане), так и конструкцией опорного блока.

Конструктивная форма опорных блоков регламентируется глубиной моря, в зависимости от которой различают опорные блоки **пирамидальной и призматической формы**.

**Опорные блоки (ОБ) призматической формы** в сравнении с пирамидальными конструкциями характеризуются меньшей устойчивостью во время их монтажа в море, и поэтому, как правило, они используются на небольших глубинах моря – до 30–40 м.

В зависимости от количества ОБ в практике каспийского морского платформостроения различают многоблочные (2-, 3-, 4-блочные) и мегаблочные стационарные платформы свайного типа.

Платформы, расположенные на нескольких ОБ, монтируются на глубинах до 100 м. Начиная с глубины порядка 100 м и более конструкции с большим числом ОБ, как правило, не применяют. На этих глубинах используют глубоководные морские стационарные платформы (ГМСП) пирамидальной

# МЕГАБЛОЧНОЕ ФОРМИРОВАНИЕ НЕФТЯНЫХ СТАЦИОНАРНЫХ ПЛАТФОРМ В УСЛОВИЯХ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

## ЧАСТЬ 1

**Р.Н. Караев**, почетный доктор СПбГМТУ,  
контакт. тел. +7(994) 50 210 9269

конструкции. На рис. 1 показаны основные элементы одной из возможных конструкций ГМСП.



Рис. 1. Конструктивные элементы ГМСП со сквозным опорным блоком свайного типа

Основу конструкции ОБ МСП свайного типа составляют стойки (колонны), обеспечивающие общую прочность всего сооружения. Диаметр стоек в зависимости от глубины моря и массогабаритных характеристик платформ может составлять от 0,70 до 2,5 м. В отдельных случаях (для придания плавучести) стойки его плавучей грани делают значительно больше по диаметру, чем все остальные.

Опорные блоки с плавучей гранью (рис. 2) использовались на этапе раннего освоения глубоководных месторождений Каспия при отсутствии специальных транспортных плавсредств, при этом транспортировка ОБ осуществлялась непосредственно на плаву. Особенности конструкции, строительства и транспортировки ОБ с плавучей гранью подробно рассматриваются в [2].



Рис. 2. Опорный блок с плавучей гранью на плаву

Обвязка стоек (количество которых составляет не менее трех колонн – в трехгранных ОБ) осуществляется с помощью трубчатых связей – горизонтальных распорок и диагональных раскосов, которые, формируя боковые плоские грани (панели) и соединяющие их поперечные диафрагмы опорных блоков, придают жесткость всей пространственной системе.

На ОБ глубоководных МСП нижние подводные части столбов (колонн) заканчиваются башмаками, которые обеспечивают устойчивость (стабилизацию) ОБ на морском грунте до закрепления.

Кроме того, в ряде случаев в нижней подводной зоне стойки снабжают направляющими стаканами, предназначенными для пропуска окаймляющих свай и фиксации мегаблочной опорной конструкции в них. Стаканы соединяются с несущими стойками с помощью кронштейнов и книц, способных воспринимать изгибающие и крутящие моменты, которые возникают в этом узле от совместного действия волновой нагрузки и веса платформы (рис. 3).

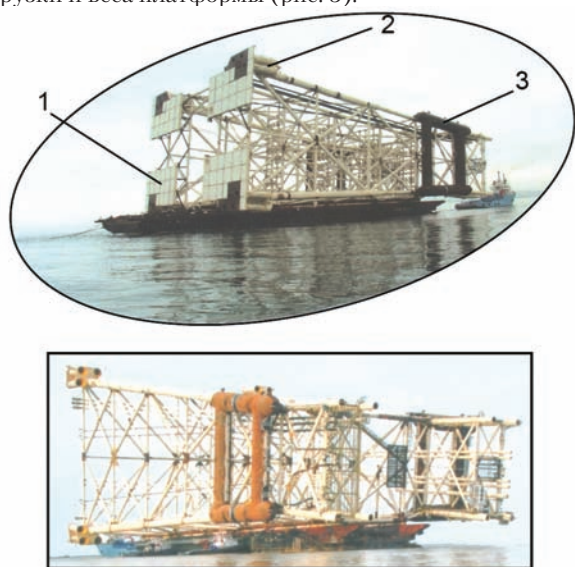


Рис. 3. Мегаблочная конструкция ОО весом 14 400 т  
1 – башмак; 2 – направляющие стаканы; 3 – временно навешанный понтон плавучести

Тенденция постоянного увеличения массогабаритных характеристик опорных оснований (ОО) и верхних строений платформ в ряде случаев ограничивается техническими возможностями краново-монтажных установок – сооружений весьма дорогостоящих. В этих условиях неустанный стремление операторов ускорить строительство и снизить себестоимость строймонтажных работ в открытом море привело к созданию новой инновационной технологии, предусматривающей формирование платформ в виде мегаблочных конструкций ОО и верхних строений и проведение их испытаний на берегу в заводских условиях с последующей транспортировкой в море для установки на рабочей точке [2].

Массогабариты мегаблочных конструкций платформ поражают воображение. Строительство и монтаж мегаблочных конструкций платформ весом 10 000–15 000 т стало обычным явлением, технической реальностью в современном платформостроении. Между тем указанный вес не может считаться верхним пределом, прогнозировать который крайне сложно, так как в практике уже встречаются мегаблочные конструкции верхних строений платформ (ВСП) весом порядка 30 000 т и более (рис. 4).

В мегаблочном строительстве используются краны большой грузоподъемности (600 т и более) на гусеничном и колесном ходу типа «Liebherr»; многоосные пневмоколесные транспортеры типа «COMETO»; гидropодъемники типа «Push up System» и гидротолкатели типа «Push-Pull System» фирмы Mammoet и т.п.

В настоящее время с использованием инновационных технологий в открытом море создаются современные нефтепромыслы, которые состоят из уникальных морских платформ, представляющих собой высокотехнологичные произведения инженерного искусства.



Рис. 4. Отгрузка ВС морской платформы весом 30 000 т на баржу для месторождения SHWE на шельфе Мьянмы

Технология формирования нефтяных платформ в море из мегаблоков весом 10 000 т и более – один из основных трендов в мировом платформостроении. Это, по существу, знаковое событие в значительной степени обеспечило скачок и в развитии отечественного платформостроения.

Впервые в СНГ технология мегаблочного строительства платформ была внедрена при освоении месторождения Азери, расположенного в азербайджанском секторе Каспия, юго-восточнее Баку на расстоянии 90 км от берега. Впоследствии технология мегаблочного строительства была использована на месторождениях им. Ю. Корчагина и В. Филановского, расположенных в российском секторе Каспия.

Уникальный нефтегазопромысловый комплекс (рис. 5), созданный на месторождении Азери, включает три стационарные платформы (Центральная, Западная и Восточная Азери), обеспечивающие бурение и эксплуатацию скважин и одну газокompрессорную и водонагнетательную платформу.

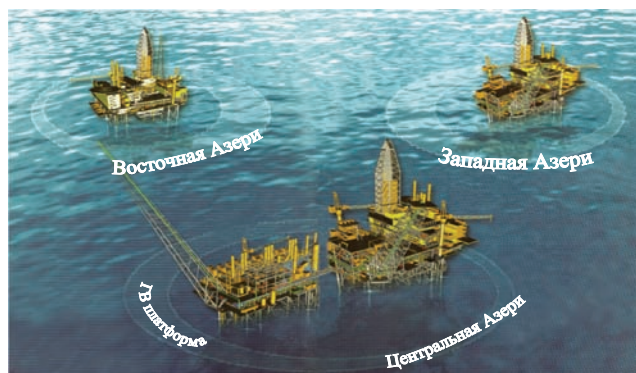


Рис. 5. Общая схема разработки морского нефтегазового месторождения Азери

Верхнее строение этих платформ, спроектированных и построенных с учетом последних достижений строительных технологий, дизайнерских решений и инженерной мысли, – грандиозные морские сооружения, впечатляющие размахом и смелостью архитектурного конструктивизма.

Верхнее строение технологической платформы весом чуть более 14 000 т, предназначенное для эксплуатации 48 нефтяных скважин, укомплектовано необходимыми технологическими оборудованием и системами, способными обеспечить бесперебойную эксплуатацию платформы (рис. 6).

Для поддержки основных работ, связанных с бурением и эксплуатацией нефтяных скважин, верхнее строение платформ оборудовано целым рядом вспомогательных систем. К ним относятся: главная энергетическая газотурбинная установка, центральный пост управления с главным распределением



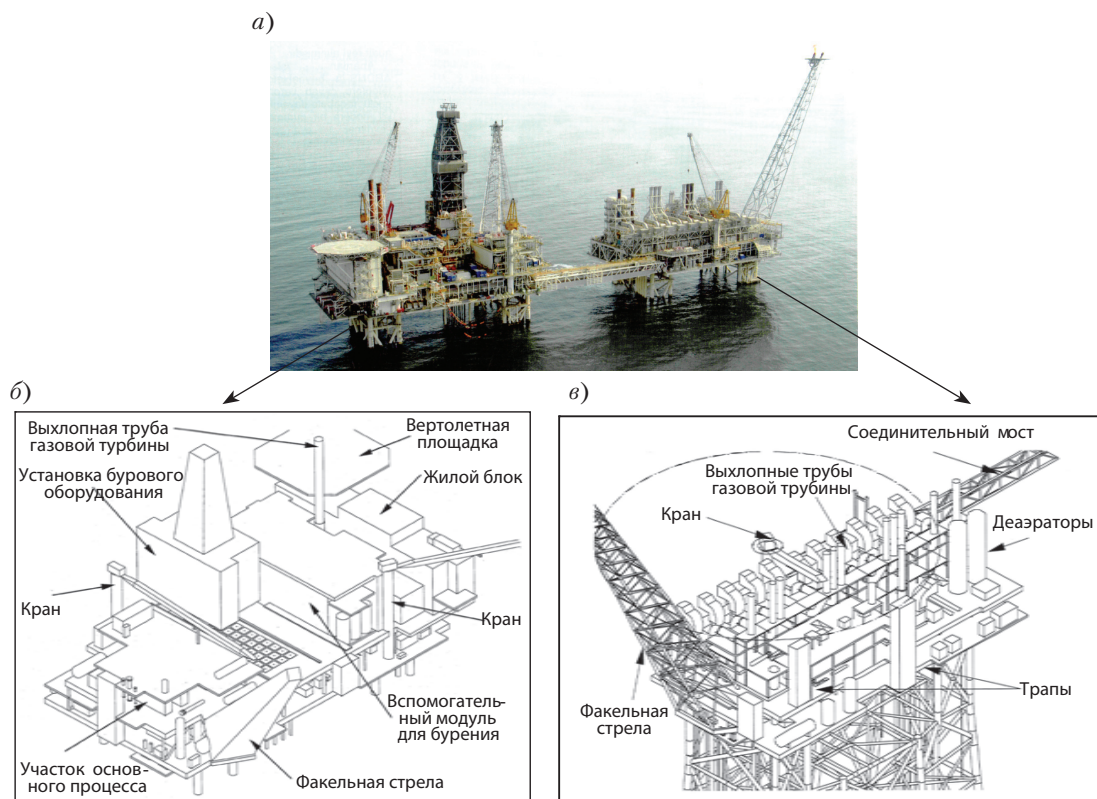


Рис. 6. Структурные схемы и общие виды платформ на месторождении «Центральная Азери»: а – общий вид технологической, а также газокompрессорной и водонагнетательной платформ; б – структурная схема технологической платформы; в – структурная схема газокompрессорной и водонагнетательной платформ

тельным щитом, системы топлива, охлаждающей воды, удаления песка, факельная и другие.

Кроме того, на каждой из трех технологических платформ есть жилой блок для постоянного проживания персонала в количестве 180 человек и 100 человек для временного проживания строителей, командировочных и т.п.

Газокompрессорная и водонагнетательная платформа (платформа для дожима газа и нагнетания воды), соединенная переходным мостиком с платформой Центральная Азери, нежилая, она предназначена:

- для приема и подготовки газа, полученного с месторождения для закачки в пласт и для газлифта, чтобы стимулировать добычу;
- для приема пластовых вод с трех платформ, подготовки и последующей закачки в эксплуатационные скважины для поддержания пластового давления;
- для выработки и передачи электроэнергии на эксплуатационные платформы.

На примере месторождения Азери ниже рассматриваются мегаблочные формирования МСП.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СТРОИТЕЛЬСТВА ОПОРНЫХ БЛОКОВ

Общая схема (алгоритм) формирования на берегу и монтажа ОБ в море предусматривает:

- сборку ОБ на заводском стапеле;
- подготовку полностью сформированного ОБ к погрузке на палубу транспортного плавсредства;
- погрузку (надвижку) ОБ на палубу плавсредства;
- раскрепление ОБ на палубе плавсредства;
- транспортировку ОБ на рабочую точку;
- спуск ОБ с палубы плавсредства на воду;
- закрепление ОБ сваями на рабочей точке.

**Формирование ОБ на стапеле.** Технологический процесс изготовления опорных блоков включает: предварительную заготовку отдельных труб, деталей и узлов (рис. 7); сборку боковых панелей и диафрагм; формирование конструктив-

ного облика ОБ из готовых панелей и диафрагм; подготовку ОБ к отгрузке со стапеля; погрузку на транспортное средство (либо спуск ОБ непосредственно в воду при наличии плавучей панели); подготовку к транспортировке и к монтажу на рабочей точке.

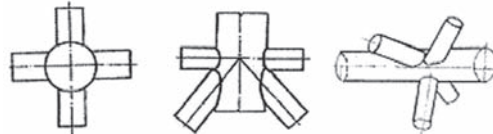


Рис. 7. Типовые сборочные узлы металлоконструкций опорных блоков

Сборка узловых металлоконструкций проводится на специальных кондукторах. Формируются ОБ методом панельной сборки. Основные сегменты блока – боковые панели собирают в горизонтальном положении (рис. 8), т.е. повернутыми на 90° относительно основного рабочего (вертикального) положения. При этом сборка и сварка элементов панели ведется в определенной последовательности с целью исключения деформаций и остаточных напряжений в стальных конструкциях. По завершению сборочно-сварочных работ в горизонтальном положении панели поднимают в вертикальное положение и временно фиксируют в этом положении с помощью оттяжек.



Рис. 8. Формирование опорного блока из панелей

Подъем панелей с учетом их массогабаритных характеристик осуществляют с помощью специальных кранов на гусеничном ходу с решетчатой стрелой. К числу таких кранов, в частности, относятся краны «Liebherr», характеризующиеся значительной грузоподъемностью (350 – 3000 т) и высотой подъема (130 – 190 м), а также большим грузовым моментом (4000 – 9000 тм) и радиусом действия (вылетом 112 – 148 м). Длина стреловой системы благодаря ее формированию из отдельных модульных решетчатых конструкций может изменяться в широком диапазоне. Для улучшения грузовых характеристик данные краны оснащаются деррик-системой с подвесным балластом.

**Основные требования к погрузке и выгрузке ОБ на рабочей точке.** Операции по погрузке и выгрузке мегаблочных конструкций нефтяных платформ (ОО и ВС) осуществляются с учетом основных технических требований надвижного (roll on / roll off) и наплавного (float on / float off) выполнения грузовых операций. Определяющим техническим условием является наличие специализированных плавсредств, имеющих развитую балластно-осушительную систему для возможности выполнения широкого круга операций, связанных с погрузкой, транспортировкой и выгрузкой мегаблочных конструкций ОБ и ВС платформ весом 10 000 т и более. Эта система должна отвечать следующим требованиям:

- производительность балластно-осушительных систем должна обеспечивать возможность проведения грузовых операций с мегаблочными конструкциями стационарных платформ при наличии не менее 3-суточного благоприятного прогноза погоды;
- обеспечивать быстрое выравнивание посадки сооружения посредством несимметричного приема–откачки балласта для предотвращения негативных последствий от возможных перемещений центра тяжести;
- не допускать несанкционированного перетекания и неконтролируемого поступления воды при авариях;
- обеспечивать быстрое возвращение к безопасной посадке (гарантировать обратимость монтажно-грузовой операции);
- клапаны, используемые для приема-откачки балласта, должны дублироваться в случае, если они установлены на объектах, не удовлетворяющих требованиям к остойчивости при повреждении одного отсека;
- для контроля уровня воды в отсеках проектом должны быть предусмотрены дистанционная и запасная (например, для ручного измерения незаполненных объемов отсеков) системы;
- балластные отсеки, остающиеся сухими при погружении объекта, должны иметь возможность осушения при неконтролируемом поступлении воды;
- должна быть обеспечена возможность контроля, мониторинга и управления баллаستировкой для предотвращения чрезмерных нагрузок на конструкции в процессе приема-откачки балласта.

До начала проведения грузовых операций плавучее средство должно быть ошвартовано у береговой линии.

Безопасность проведения этой операции в значительной степени определяется надежностью схемы раскрепления плавсредства у стенки заводского стапеля. Одной из распространенных является схема раскрепления носовой части плавсредства с помощью швартовых канатов к бочке, которая имеет массивную якорную цепь-бридель, соединяющую ее с мертвым якорем, уложенным на прибрежной акватории завода. При этом кормовая часть плавсредства раскрепляется с помощью швартовых канатов, подаваемых на берег.

Количество бочек, за которые закрепляют плавсредство, зависит от ограничений, накладываемых на его перемещения. Так как при надвигке мегаблочных конструкций ОБ и ВС какие-либо смещения грузовых дорожек плавсредства относительно береговых стапельных путей недопустимы, пере-

мещения плавсредства ограничивают путем постановки его на несколько бочек.

При надвигке ОБ либо ВС береговой стапельный путь и грузовые дорожки (склизы) транспортного плавсредства должны быть установлены в одной плоскости, что достигается балластировкой плавсредства в зависимости от веса надвигаемого на него груза. До надвигки должна быть проверена высота причала с учетом действительного уровня моря.

Между причалом и плавсредством, как правило, устанавливают щиты-кранцы, способные воспринимать нагрузку при затягивании мегаблочных конструкций на транспортное средство. Компенсация сил от ветра и течения, действующих на транспортное средство, обеспечивается надежной системой закрепления транспортного средства у причала.

При горизонтальной погрузке основных сегментов платформы (ОБ и ВСП) на транспортные средства рассчитывают нагрузки, действующие на отдельные элементы перемещаемой конструкции, которые возникают с изменением длины стапельной дорожки, воспринимающей нагрузку от перемещаемого груза, и изменением осадки транспортного средства под воздействием надвигаемой на нее опорного блока либо ВСП.

Выгрузка ОБ в условиях Каспия на рабочей точке осуществляется саморазгружающейся транспортной баржей СТБ-1 путем сбрасывания мегаблока в море. Особенности конструктивного оформления и эксплуатации саморазгружающейся баржи СТБ-1 подробно рассмотрены в работе [3]. При спуске ОБ на воду определяют нагрузки, действующие на спусковые дорожки и поворотное коромысло баржи. Обычно максимальные нагрузки возникают в момент начала поворота коромысла с ОБ относительно баржи. После спуска на воду ОБ должен находиться на плаву, и далее в результате его балластировки возникающие нагрузки обеспечивают его поворот из горизонтального в вертикальное положение. При этом незатапливаемые конструктивные элементы ОБ проверяют на смятие под воздействием нагрузок, которые возникают при максимальном погружении ОБ.

**Технологическая последовательность погрузки и выгрузки ОБ МСП на месторождении Азери-Чыраг-Гюнешли.** На примере ОБ (рис. 9), изготовленного для глубины моря 120 м в рамках проекта Азери-Чыраг-Гюнешли рассматривается технологическая последовательность операции по погрузке, транспортировке и выгрузке ОБ весом более 14 000 т на монтажной точке с использованием саморазгружающейся баржи СТБ-1:

- баржа подводится к месту погрузки ОБ кормой перпендикулярно к причалу и балластируется на определенную осадку, при которой опорная поверхность спусковых дорожек причала должна совпасть с опорной поверхностью спусковых дорожек баржи (рис. 9, а). В таком положении баржа раскрепляется с помощью швартовых канатов, подаваемых на берег, а также носовых (становых) и мертвых якорей, расположенных на заводской акватории;
- ОБ нижним основанием надвигается на баржу (рис. 9, б), надвигка выполняется толканием с использованием гидротолкателей «Push-Pull System» и последующим затягиванием ОБ с помощью лебедок. В процессе надвигки откачивается балласт для обеспечения восприятия нагрузок от перемещающегося блока и поддержания баржи в горизонтальном положении;
- после надвигки блок закрепляется на палубе баржи по походному (рис. 9, в);
- при наличии 3-суточного благоприятного прогноза погоды (ветер не более 5 баллов, волнение моря не выше 3 баллов) баржа буксируется в район монтажа (рис. 9, г);
- на монтажной точке ОБ освобождается от креплений по походному, затем путем балластировки баржи создается дифферент на корму и с помощью гидроцилиндров толка-



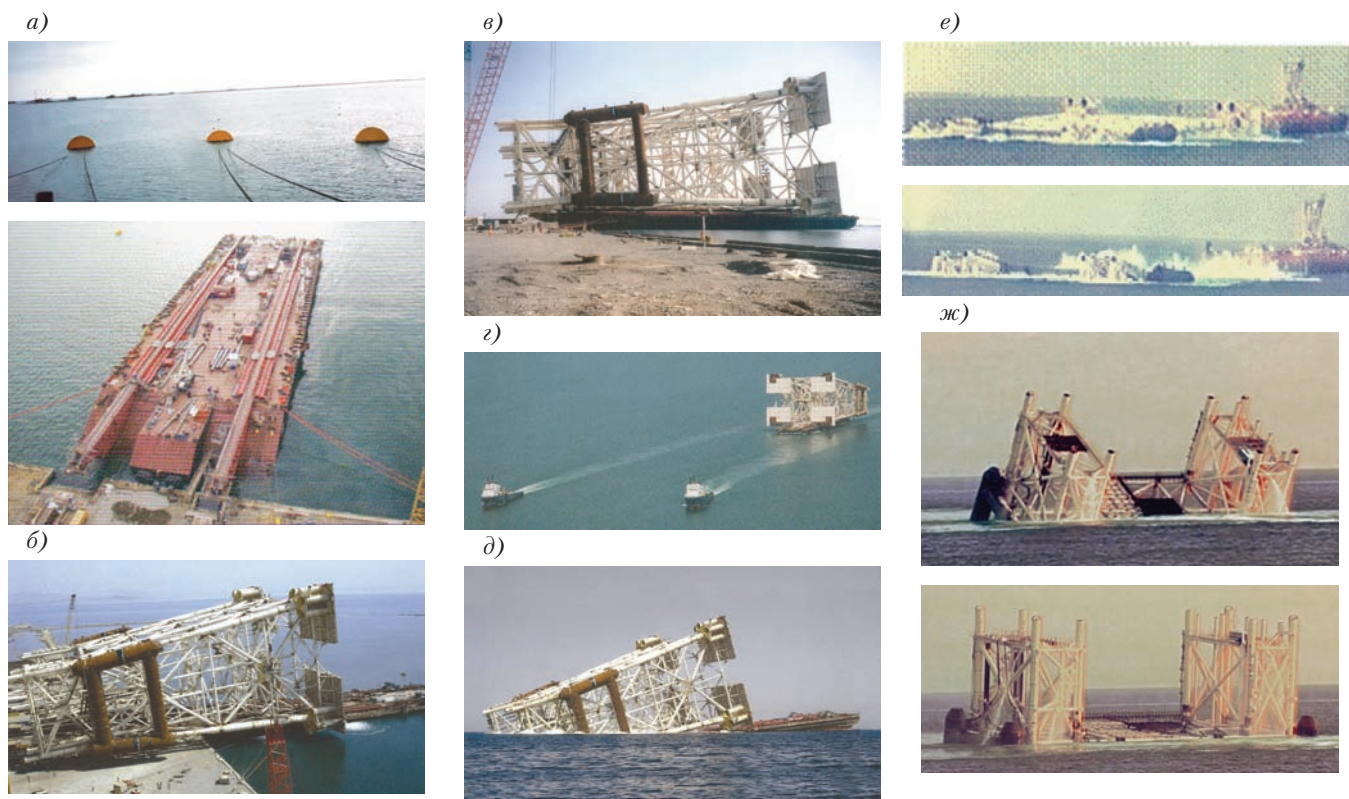


Рис. 9. Горизонтальный способ погрузки и выгрузки опорного мегаблока весом 14 400 т:

*а – раскрепление носовой и кормовой частей баржи у причальной стенки завода; б – надвигка опорного блока на баржу; в – завершение надвигки и раскрепление опорного блока на барже; г – буксировка опорного блока на монтажную точку; д – спуск опорного блока на воду; е – опорный блок на плаву в горизонтальном положении, начало перевода в вертикальное положение; ж – перевод блока из горизонтального в вертикальное положение*

тельных устройств блок верхним основанием сдвигается в направлении кормы, при этом коромысло, поворачиваясь под собственным весом ОБ, обеспечивает «сползание» блока в воду (рис. 9, д);

– после схода с баржи ОБ, оснащенный балластными понтонами, принимает горизонтальное положение на плаву (рис. 9, е). Затем путем балластировки ОБ переводится в вертикальное положение (рис. 9, ж) и начинается погружение блока на морское дно.

#### Закрепление опорного блока МСП на рабочей точке.

Для восприятия нагрузок от верхнего строения, а также сдвигающих и опрокидывающих усилий от ветровых и волновых воздействий ОБ сквозной конструкции в обязательном порядке крепятся к морскому дну с помощью свай, забиваемых или забуриваемых через угловые стойки и направляющие стаканы.

Закрепление ОБ на рабочей точке сваями – весьма ответственная операция, которая выполняется в соответствии с проектом, где, в частности, указывается глубина заглубления свай в грунт, диаметр, толщина стенок и число свай, метод заливки и др.

Сваи, удерживающие МСП на дне моря, должны противостоять знакопеременным нагрузкам, возникающим как от действия сил веса, так и опрокидывающих моментов при воздействии волновых и ветровых нагрузок.

Основные связи забивают внутрь стоек ОБ, их верхнее окончание находится на уровне опорной палубы ВСП.

В связи с концентрацией значительных нагрузок на сравнительно небольшой площади платформы держащая сила свай, забитых через стойки опорного блока (этого достаточно для мелководных многоблочных платформ) может оказаться недостаточной для обеспечения устойчивости глубоководной платформы от опрокидывания. В этом случае для повышения надежности крепления глубоководных мегаблочных ОБ предусматривают дополнительные окаймляющие сваи, размещаемые по

контуру ОБ, либо сконцентрированные с внешней стороны стойки в виде кустового свайного основания с количеством свай в кусте от 3 до 6–8 ед., в зависимости от прочностных свойств и несущей способности грунта (рис. 10).

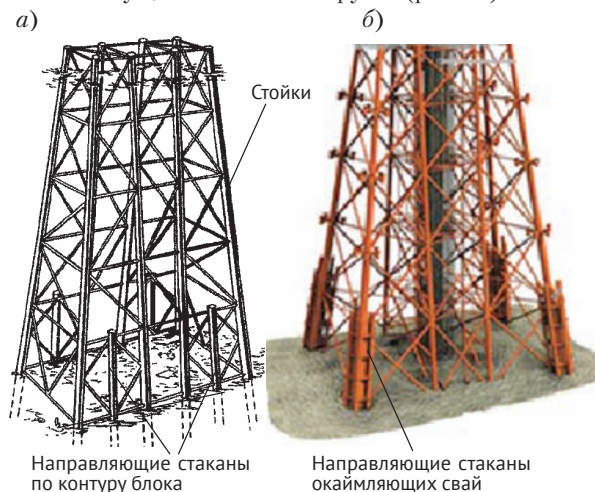


Рис. 10. Опорные блоки с различным размещением свай: *а – сваи забитые через стойки и направляющие стаканы, размещенные по контуру блока; б – окаймляющие сваи, сконцентрированные вокруг стоек*

Вместе с тем при работе близко расположенных свай помимо снижения их несущей способности может происходить смятие одной сваи при забивке соседней. В целом групповая концентрация не очень желательна, и поэтому по возможности следует избегать слишком частого размещения при закреплении опорного блока.

Сваи, связывающие ОБ с морским дном, как правило, представляют собой толстостенные трубы диаметром не менее 1,5 м.

В частности, для крепления мегаблочной конструкции ОБ

массой более 14 000 т на месторождении Азери при глубине моря 120 м были использованы 16 свай длиной порядка 150–160 м, вес каждой из которых составлял порядка 600–625 т. Учитывая мягкость грунта на данном месторождении, наряду со сваями, проходящими внутри стоек ОБ, были установлены также окаймляющие сваи [2].

В практике платформостроения строительства применяют забивные и бурозабивные сваи. Применение забивных свай связано с использованием мощного сваебойного оборудования. Для бурозабивных свай не требуется мощное оборудование, но, учитывая технологию бурозабивных свай, предусматривающую необходимость предварительного бурения скважины с последующим опусканием в нее сваю, значительно увеличивается время по закреплению ОБ, по сравнению с использованием забивных свай. Именно по этой причине на практике, особенно с внедрением в производство мощных паровоздушных и гидравлических молотов, широкое применение находят забивные сваи. На рис. 11 показана операция по забивке свай в море.



Рис. 11. Свайная операция

При установке ОБ МСП на глубине моря не более 110–120 м забивку свай осуществляют с поверхности моря, используя сваебойные молоты, приводимые в движение паром или воздухом. При этом используется способ наращивания свай с поверхности [1].

При глубоководном строительстве (глубина моря – более 120 м) способ наращивания свай с поверхности становится нерациональным, в силу чего используют способ забивки свай под водой с применением полностью загерметизированных, гидравлических молотов.

На рис. 12 показана схема крепления ОБ к морскому дну.

После забивки сваи до нужной глубины внутренняя полость между направляющими, изготовленными в виде конических раструбов, приваренных к несущим стойкам опорного блока, и сваями (см. рис. 12, б), либо между верти-

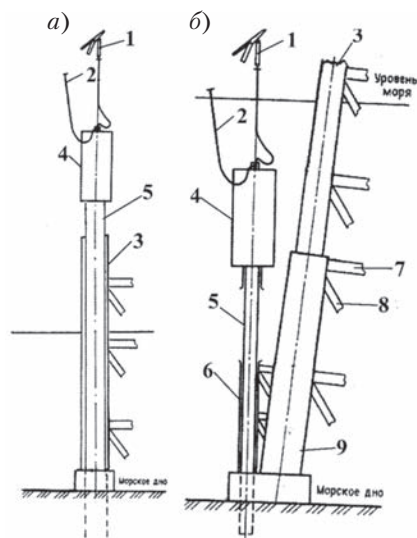


Рис. 12. Схема крепления опорного блока к морскому дну: а – с использованием свай, проходящих внутри несущих стоек; б – с использованием окаймляющих свай  
1 – гак грузового крана; 2 – рабочий шланг; 3 – опорный блок; 4 – молот; 5 – свая; 6 – направляющая; 7 – распорка; 8 – раскосы; 9 – несущая стойка опорного блока

кальными стойками ОБ и сваями (рис. 12, а), заполняются цементным раствором под большим давлением. Необходимое количество раствора заранее определяется проектом, тем не менее водолазу необходимо следить за клапанами на нижних концах труб, чтобы зафиксировать момент вытекания раствора из отверстий и закрыть их.

В целом свайные работы, включающие большой объем подготовительных операций, таких как застропка свай, подъем и заводка свай в стойки либо в направляющие стаканы, отстропка, подъем, установка и крепление на свае сваебойного механизма, съем сваебойного механизма после забивки свай, последующие наращивания новых секций и т.д., являются наиболее трудоемкими и достаточно продолжительными.

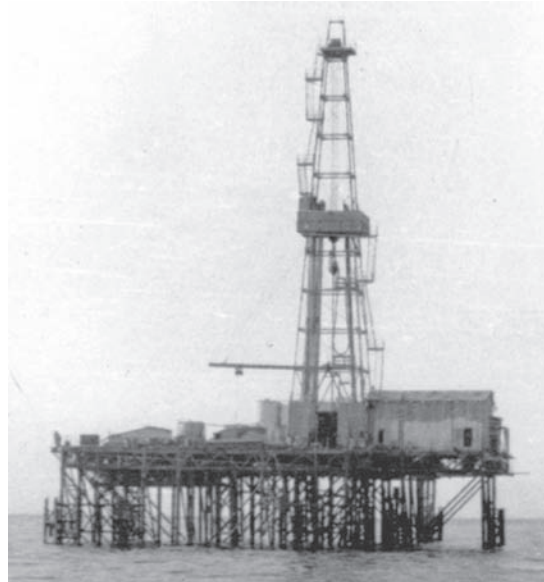


Рис. 13. Общий вид платформы

После закрепления ОБ МСП свайного типа на рабочей точке приступают к монтажу верхнего строения платформы (рис. 13). ■

Продолжение следует



Сегодня по сложившейся с 2018 г. традиции посвятим настоящую публикацию краткому подведению итогов деятельности АО «ЦМКБ «Алмаз» в прошедшем году. И начнем его с противоминных кораблей пр. 12700 (главный конструктор – А.В. Калинин), крупная серия которых строится для нашего военно-морского флота на Средне-Невском судостроительном заводе (входит в состав ОСК).

26 января состоялось торжественное мероприятие по подъему Андреевского флага на первом серийном базовом тральщике «Иван Антонов».



**Базовый тральщик «Иван Антонов»**

30 мая был спущен на воду второй серийный базовый тральщик пр. 12700 «Владимир Емельянов». 23 декабря он был сдан флоту, и 28 декабря на нем был торжественно поднят флаг ВМФ России, что, кстати, стало завершающим событием ушедшего года.



**Базовый тральщик «Владимир Емельянов»**

12 июля состоялась торжественная церемония закладки седьмого по счету тральщика пр. 12700 «Анатолий Шлемов», названного в честь нашего выдающегося современника – военно-морского офицера-кораблестроителя, внесшего значительный вклад в развитие современного флота страны. Таким образом продолжается процесс пополнения минно-тральных сил флота кораблями новой постройки, что не может не радовать.



**Закладка корабля ПМО «Анатолий Шлемов»**

Ряд событий минувшего года был связан с малыми ракетными кораблями (МРК) пр. 22800 «Каракурт» (главный конструктор Д.Е. Цымляков), строительство крупной серии

## КРАТКИЕ ИТОГИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ АО «ЦМКБ «АЛМАЗ» В 2019 ГОДУ

**Д.Е. Цыганков**, вед. инженер АО «ЦМКБ «Алмаз»,  
контакт. тел. (812) 369 1211

которых ведется сразу на нескольких судостроительных площадках страны.

26 февраля на Зеленодольском заводе им. А.М. Горького был заложен третий серийный МРК «Туча», 11 ноября там же заложен четвертый серийный МРК «Тайфун».

На Амурском судостроительном заводе (входит в ОСК) 1 июля заложена первая пара МРК – «Ржев» и «Удомля».



**Закладные доски МРК «Тайфун» и МРК «Ржев»**

12 октября в Балтийске состоялась торжественная церемония подъема флага на первом серийном МРК «Советск».



**МРК «Советск» в акватории Невы**

Кроме того, 28 ноября на судостроительном заводе «Пелла» завершено строительство второго серийного МРК «Одинцово» и корабль проходит заводские ходовые испытания.



**МРК «Одинцово» на судостроительном заводе «Пелла»**

9 октября на ПО «Море» был спущен на воду головной МРК «Козельск», 29 октября первый серийный МРК «Охотск», 13 ноября второй серийный МРК «Вихрь».

После спуска эти три корабля будут переведены на завод «Пелла» для завершения строительства. 26 декабря на Амурском судостроительном заводе (входит в состав ОСК) заложен второй серийный МРК «Уссурийск».





**МРК «Козельск»**



**МРК «Вихрь» и «Охотск»**



**Церемония закладки МРК «Уссурийск»**

Так планомерно продвигается процесс пополнения нашего флота кораблями небольшого водоизмещения, по сути, малыми корветами, вооруженными ракетным комплексом «Калибр».

В АО «Адмиралтейские верфи» (входит в состав ОСК) 25 октября была проведена торжественная церемония спуска на воду головного патрульного корабля ледового класса пр. 23550



**Патрульный корабль ледового класса «Иван Панин»**

«Иван Панин» (главный конструктор – Б.А. Лейкис) – уникального корабля, предназначенного для решения широкого круга задач в Арктике. Позднее, 27 ноября, на этом же предприятии Президент России В.В. Путин и министр обороны С.К. Шойгу приняли участие в закладке первого серийного корабля «Николай Зубов» этого же проекта.



**Торжественная церемония закладки корабля «Николай Зубов»**

Еще два события прошлого года были связаны с пограничными сторожевыми кораблями пр. 22100 «Океан» (главный конструктор – Б.А. Лейкис), серийно строящимися для Береговой охраны ПС ФСБ России. 14 июня был спущен на воду второй серийный ПСКР первого ранга «Анадыр».



**Буксировка ПСКР «Анадыр»**

1 декабря в Кронштадте состоялось торжественное подписание приемного акта первого серийного ПСКР «Петропавловск-Камчатский».



**ПСКР «Петропавловск-Камчатский»**

Работа по обновлению военно-морского флота и Береговой охраны ПС ФСБ России за счет строительства кораблей, разработанных АО «ЦМКБ «Алмаз», ведется непрерывно по нескольким направлениям ударными темпами. ■



**П**од ремонтом по техническому состоянию понимается плановый заводской ремонт, при котором объем и момент начала ремонта определяются техническим состоянием корабля и его элементов, контролируемым с периодичностью и в объеме, установленными в нормативно-технической документации...

При ремонте по техническому состоянию восстанавливается работоспособность элементов корабля до уровня, обеспечивающего их функционирование на установленный интервал времени и продление показателей эксплуатации корабля, согласованных с проектантом в установленном порядке. Отдельные наиболее ответственные элементы, обеспечивающие применение корабля по назначению, живучесть корабля и безопасность личного состава восстанавливаются до работоспособного состояния в обязательном порядке» [1].

Разработчику ремонтной документации желательно знать перечень нормативно-технической документации, в которой установлены упомянутые выше критерии. Правильнее было бы периодичность контроля технического состояния устанавливать в эксплуатационной документации изделий и составных частей корабля.

«Для кораблей в целом рекомендуется стратегия ремонта по состоянию. При этом необходимость и вид ремонта определяются по результатам предремонтной дефектации...

Для составных частей корабля предпочтительной является стратегия ремонта по состоянию» [2].

Согласно [1], ремонт по техническому состоянию относится к *плановым видам ремонта*. В то же время по таблице соотношений видов ремонта изделия [7] (впрочем, как и корабля) ремонт по техническому состоянию не включен в состав плановых видов ремонта (см. таблицу).

Это подтверждает и ГОСТ 18322–2016:

«Плановый ремонт (scheduled repair): ремонт, постановка на который планируется в соответствии с требованиями документации.

**Примечания:**

1. Постановка на ремонт означает вывод объекта из эксплуатации и передачу его ремонтному персоналу (предприятию).

2. Плановые ремонты по объему выполняемых работ, трудоемкости и периодичности проведения подразделяются на капитальные, средние и текущие» [4].

Стратегия ремонта по техническому состоянию вызывает некоторые вопросы, ответы на которые, возможно, могли бы прояснить возникающие проблемы.

Во-первых, сроки проведения капитальных, средних и текущих ремонтов

## РЕМОНТ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ СОСТОЯНИЮ КОРАБЛЕЙ И СУДОВ ВМФ ВЗГЛЯД РАЗРАБОТЧИКА РЕМОНТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

**А.И. Миронов**, начальник сектора АО «51 ЦКТИС»,  
контакт. тел. (812) 571 4053

Таблица

Соотношение видов ремонта комплектующих изделий

| Вид ремонта по иным критериям | Виды ремонта изделия по основным признакам (назначения и объема работ) |         |             |           |                |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------|---------|-------------|-----------|----------------|
|                               | текущий                                                                | средний | капитальный | аварийный | поддерживающий |
| Плановый                      | +                                                                      | +       | +           | -         | -              |
| Неплановый                    | -                                                                      | -       | -           | +         | +              |
| Заводской                     | -                                                                      | +       | +           | +         | +              |
| По техническому состоянию     | +                                                                      | +       | +           | +         | +              |
| Регламентированный            | +                                                                      | +       | +           | -         | -              |

прогнозируются разработчиками изделий на основании опыта их эксплуатации и ремонта. При этом учитываются ресурсные показатели и опыт эксплуатации как самих комплектующих изделий корабля, так и примененных в них комплектующих. При ремонте по техническому состоянию прогноз по срокам проведения определенных видов ремонта выполнить сложно. На момент оценки технического состояния изделия оно может быть диагностировано и оценено как вполне исправное, не требующее ремонта, а после допуска его к эксплуатации может выйти из строя. При плановых ремонтах, когда выполняются ремонт или замена изделий по ресурсным показателям или по данным, заложенным проектантом или изготовителем изделия (регламентированный ремонт), такие ситуации исключаются.

Во-вторых, «ремонт по техническому состоянию (condition-based repair) – это ремонт, при котором контроль технического состояния выполняется с периодичностью, установленной в документации, а объем и момент начала ремонта определяются техническим состоянием объекта» [4]. Это исключает плановость выполнения ремонта по техническому состоянию.

В принципе, ремонт осуществляется на основании контроля технического состояния, который проводится до начала ремонта, а не при ремонте. На основании этого контроля должно приниматься решение о необходимости и виде ремонта.

Неопределенность с началом ремонта, его видом и объемом вызывает определенные трудности с подготовкой производства и организацией материально-технической базы. При выполнении плановых ремонтов (капитальных,

средних и текущих) для их обеспечения разрабатываются ведомости ЗИП и материалов. При ремонте по техническому состоянию, когда трудно заранее предусмотреть вид ремонта и номенклатуру заявляемых в ремонт составных частей, систем и оборудования, с этим могут возникнуть определенные проблемы.

В-третьих, «ремонтные документы (РД) на корабль должны обеспечивать применение той стратегии ремонта, которая была установлена при проектировании корабля. По возможности должна обеспечиваться стратегия ремонта «по техническому состоянию, при которой контроль технического состояния составных частей и комплектующих изделий корабля, определение необходимости и вида ремонта производится в период предремонтной дефектации...» [3].

Предремонтная дефектация, по мнению автора статьи, проводится для принятия решения о постановке корабля в ремонт. При этом в зависимости от технического состояния должен определяться вид ремонта корабля, его составных частей и комплектующих изделий – текущий, средний, капитальный и т.д.

Следует отметить, что в стандартах на разработку РД не предусматривают такой вид ремонта, как ремонт по техническому состоянию [4, 5, 6]. Для разработчика РД ни номенклатура работ, ни их содержание при ремонте по техническому состоянию значения не имеют, поскольку разработка РД для плановых видов ремонта уже отработана в соответствии со стандартами [5, 6].

При разработке РД для ремонта корабля по техническому состоянию сложно заранее предусмотреть разработку ведомостей необходимых ЗИП и материалов из-за невозможности оп-

ределить до предремонтной дефектации номенклатуру заявляемых в ремонт корабельных систем, составных частей и комплектующих изделий, в отличие от плановых ремонтов корабля. В этом случае РД должна разрабатываться на *ремонт составной части, системы, изделия со своими нормами расхода ЗИП и материалов* в объеме, определенном при контроле технического состояния, а не на средний, текущий или капитальный ремонт.

В-четвертых, в технических условиях на изделия заданы ресурсные показатели, определяющие полный срок их эксплуатации, а также срок эксплуатации изделия до заводского ремонта. Эти показатели учитываются при разработке технических условий на капитальный, средний и другие виды ремонта. Они определяют периодичность и количество ремонтов, которые необходимо выполнить в течение жизненного цикла изделия для сохранения его работоспособности. При ремонте по техничес-

кому состоянию эта стройная система нарушается.

Исходя из изложенного, можно сделать следующие выводы:

1. Ремонт по техническому состоянию не относится к плановому виду ремонта.
2. Ремонт изделий по техническому состоянию сводится к выполнению капитального или среднего, или текущего вида ремонта при неопределенности их периодичности.
3. Отсутствуют сведения о нормативно-технической документации, в которой устанавливаются контролируемые периодичность и объем контроля технического состояния. Данные о периодичности и объему контроля технического состояния должны быть включены в эксплуатационную документацию на изделия и составные части корабля.
4. Отсутствует нормативно-техническая база для разработки документации для ремонта по техническому состоянию.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Руководство по организации ремонта, переоборудования, модернизации и сервисного обслуживания кораблей, боевых катеров, кораблей специального назначения, морских и рейдовых судов обеспечения ВМФ. Утв. коллегией Военно-промышленной комиссии РФ 25.01.2017 г.
2. ГОСТ РВ 1905-012-2018. Корабли и суда ВМФ. Система техн. обслуживания и ремонта.
3. ГОСТ РВ 50666-94. Документация ремонтная на корабли ВМФ. Общие требования к номенклатуре, построению, содержанию и изложению (в настоящее время аннулирован).
4. ГОСТ 18322-2016. Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения.
5. ГОСТ 2.602-2013. Единая система конструкторской документации. Ремонтные документы.
6. ГОСТ РВ 0002-602-2008. Единая система конструкторской документации. Военная техника. Ремонтные документы.
7. Муру Г.Н., Витенбергский Ю.И. Соотношение видов ремонта кораблей и комплектующих изделий // Морской сборник. – 2019. – № 9 (2070). – С. 52. ■

**С**остояние современных систем управления на российских предприятиях характеризуется поиском инструментов повышения эффективности бизнес-деятельности и подходов к этому, появляется все больше и больше управленческих команд, стремящихся организовать работу вверенных им предприятий с наибольшей отдачей.

В этом смысле отечественные управленцы проходят путь, аналогичный пути их зарубежных коллег, правда, в гораздо более сжатые сроки. Такой темп, с одной стороны, серьезно компенсирует многолетнее отставание в менеджерской культуре, а с другой – приводит к малой проработанности важнейших управленческих технологий, вследствие чего эти технологии приходится дорабатывать с целью адаптации к реалиям отечественной экономики.

В настоящее время существуют несколько подходов к повышению эффективности работы предприятий, которая рассматривается как набор функций, распределенных среди подразделений, где их исполняют конкретные сотрудники. Функциональный подход стал первой из управленческих технологий, который впоследствии породил десятки альтернативных подходов к системе управления (бюджетный подход, процессный подход, проектное управление, управление цепочками поставок и тд). Плюсом такого подхода является четкое исполнение работниками своих функциональных обязанностей, без отвлечения на ненужные составляющие. Минус – это то, что, выполняя свои узкоспециальные задачи, со-

## ОПТИМИЗАЦИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ПОСРЕДСТВОМ СОЗДАНИЯ ЦЕНТРОВ ФИНАНСОВОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТИ (ЦЕНТРОВ ЗАТРАТ) В РАМКАХ ВНЕДРЕНИЯ КСУ

**А.М. Романов**, инженер-экономист 1-й категории АО «СПМБМ «Малахит»,  
контакт. тел. +7(931) 300 3277

трудники перестают видеть конечные результаты труда всего предприятия и осознавать важность своего места в общей цепочке.

### ВВЕДЕНИЕ БЮДЖЕТНОГО УПРАВЛЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИИ

В рамках данной работы рассмотрим систему управления предприятием через финансовую составляющую его деятельности – так называемое бюджетное управление (бюджетирование).

Актуальность внедрения бюджетного управления обусловлена рядом причин:

1. Финансово-экономические показатели представляют собой универсальный язык оценки эффективности бизнес-процессов и критерий сравнения бизнес-процессов между собой.
2. Методология бюджетирования по многочисленным причинам оказалась первой серьезной альтернативой функциональному подходу в новой истории российского менеджмента.

3. Система бюджетирования на сегодняшний день – один из самых востребованных продуктов на рынке консалтинговых услуг как в России, так и во всем мире.

Основными элементами системы бюджетного управления являются:

- финансовая структура – организация центров финансовой ответственности, определяющая их иерархию и предназначенная для управления стоимостью результатов деятельности предприятия;
  - бюджетная структура – совокупность бюджетов, по которым происходит планирование и учет результатов деятельности предприятия;
  - регламенты или положения о бюджетном управлении на предприятии, которые предназначены для организации бюджетной деятельности, отражают основные принципы бюджетного управления на предприятии.
- Все это определяет методику внедрения системы бюджетного управления на предприятии.



## СОЗДАНИЕ ФИНАНСОВОЙ СТРУКТУРЫ ЗАТРАТ

В рамках оптимизации бизнес-процессов финансово-хозяйственной деятельности для реализации целей и задач управленческого учета в отношении косвенных расходов АО «СПМБМ «Малахит», а также для своевременного формирования плановых смет расходов, оперативного учета и контроля их расходования в сентябре 2014 г. генеральным директором общества «Малахит» был утвержден приказ о создании финансовой структуры затрат, т.е. системы его структурных подразделений, которые вносят свой вклад в конечный финансовый результат. Это был знаковый шаг в развитии ведения финансово-хозяйственной деятельности, так как с этого момента ответственность за планирование и реализацию косвенных расходов АО «СПМБМ «Малахит» была закреплена за конкретными структурными подразделениями – центрами затрат (далее – ЦЗ).

Для решения поставленной задачи и была предложена финансовая структура – см. рис. 1.

Были определены ключевые аспекты создания финансовой структуры затрат фирмы:

1. Формирование правильной культуры бюджетирования. Осуществлять расходы – значит, отвечать за их планирование, контроль и обоснованность, искать пути их оптимизации.
2. Повышение оперативности и качества планирования смет расходов.
3. Формирование объективной картины фактической реализации смет косвенных расходов АО «СПМБМ «Малахит».

При анализе фактических данных стало возможным руководствоваться

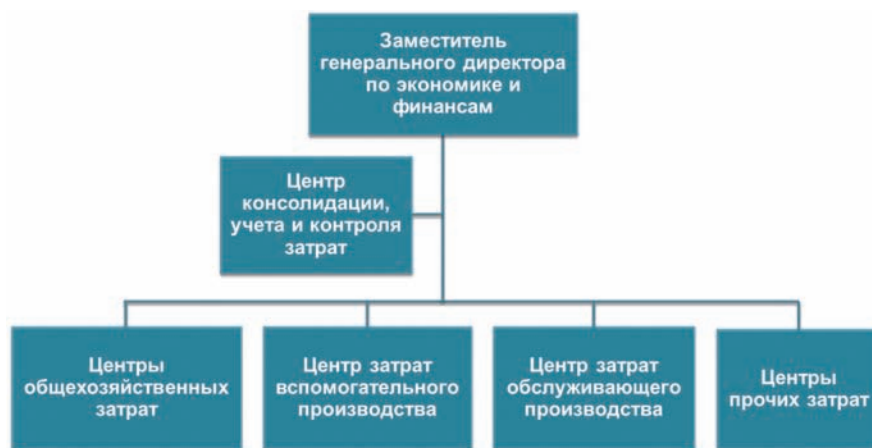


Рис. 1. Финансовая структура затрат АО «СПМБМ «Малахит»

актуальными данными центров затрат, а не данными бухгалтерии, которые формируются в конце (20-х числах) месяца, следующего за отчетным.

## СОЗДАНИЕ ЦЕНТРОВ ЗАТРАТ В РАМКАХ ПРЕДЛОЖЕННОЙ СТРУКТУРЫ

Для реализации деятельности Центров затрат (ЦЗ) в корпоративной вычислительной сети посредством программы Microsoft Excel были созданы электронные таблицы (их количество на сегодняшний день насчитывает более 100) с закрепленными за ними статьями затрат и с ограниченным доступом к использованию, так как в случае корректировки шаблона данные переносились некорректно.

Программа Microsoft Excel требовала четкого сопоставления ячеек для гиперссылок (электронного зеркала), насчитывающих более 1000 формул сопоставлений. Для корректного ввода информации необходимо было заблокировать все таблицы, оставив без пароля

лишь те ячейки, в которые руководителям ЦЗ необходимо было внести всю регламентированную информацию. Как оказалось, это было неудобно для руководителей ЦЗ, прежде всего при определении места для внесения информации и дальнейшего заполнения. Вследствие этого в дополнение к инструкции по заполнению был выпущен презентационный материал и проведено обучение всех руководителей ЦЗ.

На рис. 2 и рис. 3 приведен пример электронной таблицы ЦЗ 22-го отдела с детализацией статьи.

Создание ЦЗ позволило, во-первых, на основе Microsoft Excel создать консолидирующую таблицу, в которой ведется общий учет затрат с возможностью детализации в случае поиска необходимой информации, внесенной руководителем ЦЗ (рис. 4).

Во-вторых, появилась гиперсвязь с данными из 1С: Бухгалтерии для проведения сверочных работ. В ранее подготовленном шаблоне программы Microsoft Excel была настроена гиперсвязь с

| СМЕТА<br>Общехозяйственных и общепроизводственных<br>расходов на 2015 год<br>Расчет в рублях |                                                                                                                                  | Январь        | Февраль | Март | 1 квартал |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------|------|-----------|
| Шифр статьи                                                                                  | Наименование статьи расходов                                                                                                     | Сумма с НДС   |         |      |           |
| 02.                                                                                          | Материальные расходы, в том числе:                                                                                               | 10 230 000,00 |         |      |           |
| 02.04.                                                                                       | Расходы на ремонт и техническое обслуживание основных средств, приобретение запасных частей и расходных материалов, в том числе: | 4 700 000,00  |         |      |           |
| 02.04.10.                                                                                    | Малой счетной и пишущей техники, ПЭВМ, в том числе:                                                                              | 4 700 000,00  |         |      |           |
| 02.04.10.01                                                                                  | комплектующие изделия для аварийного ремонта                                                                                     | 1 180 000,00  |         |      |           |
| 02.04.10.02                                                                                  | расходные материалы для ВТ                                                                                                       | 2 900 000,00  |         |      |           |
| 02.04.10.03                                                                                  | посылки информации                                                                                                               | 180 000,00    |         |      |           |
| 02.04.10.04                                                                                  | тонеры для копировально-множительной техники                                                                                     | 820 000,00    |         |      |           |
| 02.10.                                                                                       | Материально-производственные запасы                                                                                              | 5 530 000,00  |         |      |           |

Рис. 2. Электронная таблица Центра затрат 22-го отдела (сводный план/факт)

| №  | Договор                                                                             | Март       | Апрель    | Май | Июнь | Примечание                       |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------|-----|------|----------------------------------|
| 16 | ФГУП "Крыловский ГИИ", договор №238-52/14-06-15 от 30.01.2015                       | 332 835,53 |           |     |      | счет № 607 от 20.03.2015         |
| 17 | ОАО "Приборы контроля и регулирования тепловых" (ОАО "Теплоконтроль"), без договора | 94,94      |           |     |      | счет № 42 от 27.03.2015          |
| 18 | ФГУП "Стандартфор" (ФГУП "Стандартфор")                                             | 3 717,00   |           |     |      | счет № 697-3 от 24.03.2015       |
| 19 | ОАО "Приборы контроля и регулирования тепловых" (ОАО "Теплоконтроль"), без договора | 20 449,40  |           |     |      | счет № 38 от 20.03.2015          |
| 20 | АО "Конши" Севастополь                                                              | 10 797,20  |           |     |      | счет № 3А-322 от 13.03.2015      |
| 21 | ЗАО "ЦНИИ судового машиностроения"                                                  | 4 118,20   |           |     |      | счет № 35 от 18.03.2015          |
| 22 | ООО ИПИ "Спешкабел"                                                                 | 7 000,00   |           |     |      | счет № 682 от 18.03.2015         |
| 23 | ОАО "Первома"                                                                       | 15 635,00  |           |     |      | счет № 44 от 16.03.2015          |
| 24 | ОАО "РосНИИТ"                                                                       | 3 540,00   |           |     |      | счет № 143 от 18.03.2015         |
| 25 | ОАО "ЦКБ МТ "Рубин"                                                                 |            | 17 433,88 |     |      | счет № ИСФ-15-188 от 26.03.2015г |
| 26 | ООО "ВМД-ПР"                                                                        |            | 1 530,00  |     |      | счет № 14167-3 от 07.04.2015г.   |
| 27 | ОАО "Теплоприбор"                                                                   |            | 9 027,00  |     |      | счет № 224 от 10.04.2015г.       |
| 28 | ФГУП "Крыловский ГИИ"                                                               |            | 354,00    |     |      | счет № 688 от 01.04.2015         |
| 29 | ОАО ИПИ "Циклон-Тест"                                                               |            | 1 000,00  |     |      | счет № 658 от 09.04.2015г.       |
| 30 | ФГУП "Крыловский ГИИ"                                                               |            | 13 334,00 |     |      | счет № 812 от 16.04.2015         |

Рис. 3. Электронная таблица Центра затрат 22-го отдела (детализация факта)

| Шифр статьи | Наименование статьи расходов                                                                                                     | Сумма в БРС   | Январь | Февраль | Март | 1 квартал | Апрель | Май | Июнь | 2 квартал |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|--------|---------|------|-----------|--------|-----|------|-----------|
| 02.         | Материальные расходы, в том числе:                                                                                               | 76 004 763,39 |        |         |      |           |        |     |      |           |
| 02.01.      | Расходы на электроэнергию                                                                                                        | 59 497 400,00 |        |         |      |           |        |     |      |           |
| 02.02.      | Расходы на отопление и ГВС                                                                                                       | 7 768 300,00  |        |         |      |           |        |     |      |           |
| 02.03.      | Расходы на эксплуатацию и капитальный ремонт                                                                                     | 969 475,00    |        |         |      |           |        |     |      |           |
| 02.04.      | Расходы на ремонт и техническое обслуживание основных средств, приобретение запасных частей и расходных материалов, в том числе: | 19 838 588,39 |        |         |      |           |        |     |      |           |
| 02.04.01.   | Услуги учета топлива и автоматического регулирования топки                                                                       | 127 612,00    |        |         |      |           |        |     |      |           |
| 02.04.02.   | Аппаратура и приборы, двигатели и генераторы                                                                                     | 270 900,00    |        |         |      |           |        |     |      |           |
| 02.04.04.   | Системное оборудование                                                                                                           | 148 082,00    |        |         |      |           |        |     |      |           |
| 02.04.05.   | Высокая конденсаторы                                                                                                             | 740 000,00    |        |         |      |           |        |     |      |           |
| 02.04.06.   | Структурные установки                                                                                                            | 12 800,00     |        |         |      |           |        |     |      |           |
| 02.04.07.   | Доставление измерительных приборов, проверка средств измерений                                                                   | 213 400,00    |        |         |      |           |        |     |      |           |
| 02.04.08.   | Транспортные расходы                                                                                                             | 198 400,00    |        |         |      |           |        |     |      |           |

Рис. 4. Сводная таблица формирования смет АО «СПМБМ «Малахит»

выгружаемым ежемесячно из 1С: Бухгалтерии электронным отчетом, также сохраненным посредством этой программы. После выгрузки данные заполнялись в отчетном сводном документе, что упростило процесс, теперь таблица заполнялась ежемесячно не вручную, а автоматически после нажатия кнопки «Обновить все» на вкладке «Данные» в программе Microsoft Excel.

## СОЗДАНИЕ МОДУЛЯ «СМЕТНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ»

Сегодня в АО «СПМБМ «Малахит» проходит внедрения Комплексная система управления (КСУ), благодаря чему появилась возможность перехода ЦЗ из Microsoft Excel на платформу 1С:ERP. Для перехода была организована рабочая группа из представителей ПЭО и команды внедрения программы 1С. Впоследствии на платформе 1С:ERP был создан

модуль «Сметное планирование» для реализации деятельности ЦЗ в системе 1С.

Модуль «Сметное планирование» в 1С:ERP как инструмент решения проблематики, связанной с планированием и контролем фактического исполнения смет расходов АО «СПМБМ «Малахит», должен:

- формировать производственный (сводный) план на определенный период;
- формировать плановые (отчетные) сметы;
- оперативно вносить изменения в сметы расходов предприятия;
- планировать хозяйственную деятельность АО «СПМБМ «Малахит», анализировать выполнение плана и консолидировать планируемые и фактические затраты производственного и бухгалтерского учетов для оценки состояния фипмы в целом;

- контролировать соблюдение установленных лимитов по статьям расходов;
- выполнять специализированные функции, которые реализуются локальными системами и программными инструментами Microsoft Excel и оптимизировать их.

Создание данного модуля позволило добиться следующих результатов:

- 1) сметы затрат создаются руководителем ЦЗ, что приводит к точному содержанию перечня статей в ЦЗ. Ранее перечень статей в ЦЗ формировался администратором в табличном виде программы Microsoft Excel, и в случае добавления/удаления статьи данная корректировка требовала доработки гиперсвязей в программе Microsoft Excel;
- 2) теперь план формируется с детализированной разбивкой, что позволяет руководителю ЦЗ выделить необходи-



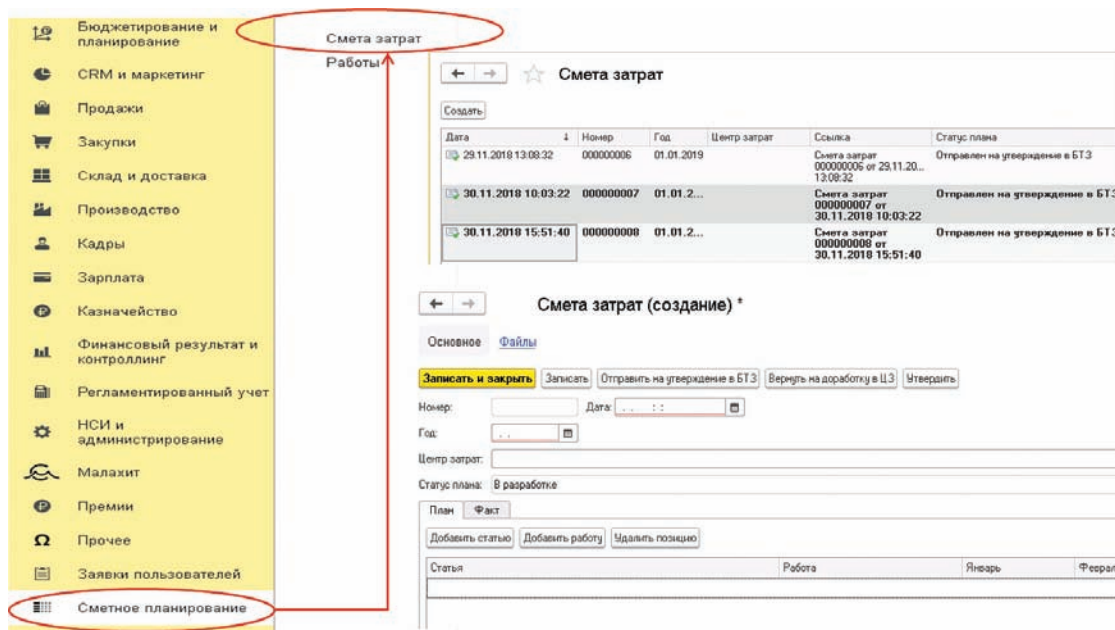


Рис. 5. Создание центра затрат на платформе «1С:ERP 2.0»

мую работу/услугу в рамках своей статьи и вести строгую отчетность по выполнению плана выделенной работы/услуги;

3) файл с пояснительной запиской прикрепляется непосредственно на платформе «1С:ERP 2.0», что упростило поиск необходимой информации по сформированному плану ЦЗ;

4) фактические затраты формируются на основе ранее составленного перечня работ из плана ЦЗ, также появилась возможность привязать к одной работе несколько документов, подтверждающих затраты;

5) платформа «1С:ERP 2.0» более проста в использовании, что позволяет собирать всю необходимую информацию, единожды сформировав шаблон отчета на основе внесенных данных.

Благодаря созданию раздела сметного планирования посредством 1С:ERP в рамках внедрения КСУ удалось сократить время на согласование, подписание договорной документации, заполнение фактических показателей и детализации плана смет ЦЗ за счет оптимизации процессов. В результате высвободилось время у работников, необходимое для формирования постоянно возрастающего объема отчетной документации, запрашиваемой управляющей компанией и сторонними организациями.

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ «1С:БУХГАЛТЕРИЯ» И «1С:ERP»

В АО «СПМБМ «Малахит» на сегодняшний день существуют две информационные системы управления – «1С:Бухгалтерия» и «1С:ERP». До перехода на единую информационную систему управления основным их пре-

имуществом была однотипность информационных систем с одинаковыми принципами работы посредством программы 1С. Это позволило интегрировать две платформы «1С:ERP 2.0» и «1С:Бухгалтерия» в единое информационное поле. Данная интеграция позволяет оптимизировать процесс:

- переноса фактических данных о произведенных затратах из подсистемы «1С:Бухгалтерия» на платформу «1С:ERP 2.0»;
- ручного ввода информации с платежных документов руководителями ЦЗ, которая будет автоматически заполняться информацией, уже имеющейся в подсистеме «1С:Бухгалтерия»;
- отображения информации с платежных документов в ЦЗ руководителя посредством кодификации, что приведет к моментальному получению актуальной и точной информации для формирования отчетов.

Кроме того, интеграция позволит регулировать произведенные затраты корректной процентной ставкой НДС ежеквартального периода, вычисляемого бухгалтерией.

На рис. 6 показана схема оптимизации процессов передачи информации после интеграции двух платформ «1С:ERP 2.0» и «1С:Бухгалтерия» в единое информационное поле.

В перспективе посредством «1С:ERP» планируется создание отчетной таблицы для формирования Программы управления издержками АО «СПМБМ «Малахит» на период до 2030 г., внедренной директивой правительства от 4 июля 2016 г. № 4750-П13 с целью организации непрерывного процесса повышения операционной эффективности и сокращения расходов. В соответствии с этой директивой АО «СПМБМ «Малахит» было необходимо выполнить ряд задач, а именно:

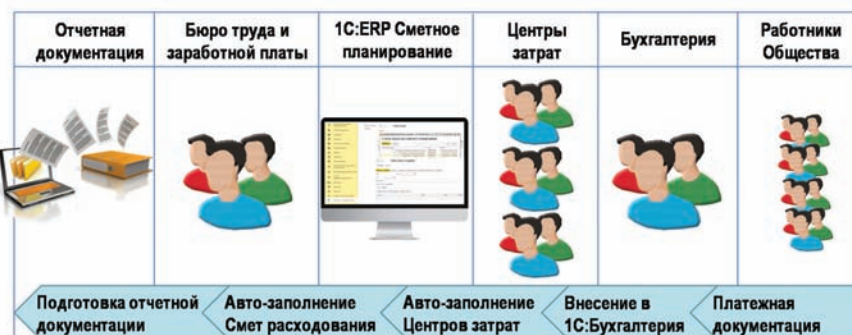


Рис. 6. Схема оптимизации процессов передачи информации

1) подготовить и представить Программу управления издержками Общества на период до 2030 г.;

2) разработать, утвердить и внедрить регламент повышения инвестиционной и операционной эффективности;

3) разработать комплекс мер (перечень мероприятий), направленных на достижение значения показателя снижения операционных расходов не менее чем на 2–3% ежегодно;

4) актуализировать комплекс мер, направленных на достижение показателя «снижения операционных расходов» в текущем году не менее чем на 10%:

- ежеквартально рассматривать отчеты на заседаниях Советов директоров;
- ежеквартально представлять отчеты в федеральный орган исполнительной власти.

Программа управления издержками Общества консолидирует на сегодняшний день информацию о выручке, управляемой и неуправляемой части операционных расходов с целью определения по-

казателя их снижения при выполнении таких мероприятий, как Программа развития производственной системы, Программа энергосбережения и повышения энергетической эффективности Группы ОСК, а также мероприятий Департаментов технического развития, экономики, финансов и материально-технического обеспечения.

Все поставленные задачи были успешно выполнены, в дальнейшем планируется оптимизация процесса сбора информации посредством платформы 1С:ERP.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках оптимизации бизнес-процессов в АО «СПМБМ «Малахит» выполнено следующее:

- создана финансовая структура затрат;
- предложены электронные таблицы в программе Microsoft Excel для организации работы руководителей центров затрат;
- разработан модуль «Сметное планирование» на платформе 1С:ERP,

который позволил сократить время, затрачиваемое на работу с договорной документацией;

- осуществлен переход центров затрат из табличных форм Microsoft Excel на платформу 1С:ERP с целью оптимизации рабочего процесса;

Подводя итог, необходимо отметить, что проделанная работа по созданию финансовой структуры с центрами затрат в АО «СПМБМ «Малахит» не только оптимизировала процесс подготовки отчетной документации, но и открыла новые возможности для развития бизнес-процессов экономического блока фирмы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Боровков П.С. Финансовая структура – управление бизнесом через экономику. // Экономический анализ: Теория и практика. – 2018. – №1.
2. Погодаева М.Ю., Плехун А.В. Центр финансовой ответственности как элемент бюджетного управления субъектом среднего предпринимательства. // Российское предпринимательство. – 2015. – №21. ■

**В** течение трех последних лет на общих собраниях Ассоциации судостроителей обсуждался вопрос о ценообразовании продукции по гособоронзаказу и размере минимальной и максимальной прибыли для обеспечения финансовой устойчивости деятельности предприятий отрасли и их технологического развития, диверсификации и импортозамещения.

По поручению общего собрания В.Л. Александров дважды, в 2018 и 2019 гг., направлял высшему руководству страны предложения Ассоциации необходимости внесения изменений в статью 10 (п. 1 пп. 6) Федерального закона ФЗ-275 по нормативному размеру максимальной прибыли в размере 20% от полной себестоимости продукции по госзаказу при условии, что основная часть этой прибыли (не менее 2/3) по условиям государственного контракта направляется и используется на модернизацию мощностей, диверсификацию, импортозамещение и/или на обслуживание капитала, привлеченного предприятием – головным исполнителем госзаказа на эти приоритетные для государства цели.

Совет Безопасности РФ поручил рассмотреть обращение Ассоциации на Коллегии ВПК, которая состоялась 25 декабря 2019 г. под председательством Ю.И. Борисова с участием ведущих организаций ряда отраслей ОПК. Материалы с мнениями по данному вопросу организаций и головных исполнителей госзаказа были опубликованы в специальном выпуске журнала Коллегии ВПК «Оборона России» в декабре 2019 г. (в том числе в статье В.Л. Александрова и наших коллег – ученых из СПбГЭУ, с которыми мы тесно сотрудничаем).

Необходимость системного решения проблем ценообразования госзаказа приобрела особый характер в свете задач, поставленных Президентом России перед Правительством РФ и органами федеральной власти на 2020 г. В их числе:

- реализация мер, направленных на ликвидацию высокого уровня закредитованности предприятий ОПК;
- выход на ежегодные темпы прироста инвестиций в нашу промышленность не ниже 5–7%, выполнение серьезной работы по ревизии законов, регулирующих бизнес в Рос-

сии с тем, чтобы максимально упростить жизнь предпринимателям.

Ситуация в этом отношении сложилась очень тревожная – зафиксирован значительный рост уровня закредитованности ОПК за последние три года: с 1,7 до 2,7 трлн. руб.

Статья 10 (п. 1.) Федерального закона ФЗ-275 прямо указывает, что государственное регулирование цен на продукцию по гособоронзаказам осуществляется посредством:

«3) применения различных видов цен на продукцию по гособоронзаказу;

6) определения минимального и максимального размеров рентабельности (прибыли) на продукцию по гособоронзаказу с учетом средств, которые необходимы головному исполнителю, исполнителю для развития производственных мощностей и обслуживания привлеченного капитала, обеспечивающих выполнение гособоронзаказа...».

Но статья 10 (п. 2) ФЗ-275 определяет отсылочную норму:

«2. Порядок государственного регулирования цен на продукцию, поставляемую по ГОЗ, устанавливается Правительством Российской Федерации». (Законодательная власть поручила исполнительной власти !)

Постановлений Правительства РФ (исполнительная власть РФ по статье 110 Конституции РФ) с момента принятия ФЗ-275 вышло уже шесть.

Постановлением Правительства РФ №407 с сентября 2015 г. был введен расчет прибыли по госзаказу на основе затратного метода ценообразования по формуле 1% от привлеченных +20% от собственных затрат головного исполнителя. В результате произошло резкое снижение расчетного размера прибыли предприятий ОПК – головных исполнителей госзаказов (не более 3–5% от полной себестоимости госзаказа), которой хватает только на выплату процентов за предостав-

## СИСТЕМНОЕ РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ОЗДОРОВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ОПК

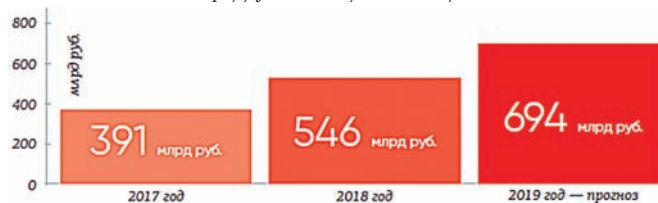
**И.Л. Вайсман**, эксперт Ассоциации судостроителей,  
контакт. тел. (812) 603 4077 доб. 100, +7(904) 600 5380





**Динамика кредиторской задолженности предприятий в 2017–2019 гг.**

Источники: <https://fedstat.ru/indicator/58034>



**Динамика выпадающей доходности бюджета из-за убыточности ВПК в 2017–2019 гг.**

Источники: рассчитано на основе <https://fedstat.ru/indicator>

ленный кредит (около 10% годовых), а основное тело кредита остается непогашенным долгие годы и растет.

Знают ли об этом законодатели? Президент России неоднократно поручал Федеральному Собранию выпускать федеральные законы *без отсылочных норм!*

Снижение размера прибыли предприятий ОПК привело к росту уровня выпадающих доходов бюджета (падение налогов на прибыль ОПК – до 690 млрд. руб. в 2019 г. (в 4–5 раз в сравнении с 2014–2015 гг.).

Постоянно растущая задолженность не позволяет предприятиям ОПК привлекать новые инвестиции для реализации проектов технологического развития производства с целью ускорения освоения серийного выпуска новой перспективной продукции по гособоронзаказам, а также мероприятий по диверсификации и импортозамещению.

Теперь мероприятия, утвержденные в конце декабря 2019 г. Ю.И. Борисовым по результатам обсуждения данного вопроса Коллегией ВПК, предусматривают внесение *необходимых изменений в федеральный закон и подзаконные акты.*

Нормы Федерального закона ФЗ-275 (ст. 10, п. 1, пп. 6), приведенные в законе, не нашли отражения во всех Постановлениях Правительства РФ по регулированию ценообразования на продукцию гособоронзаказа, начиная с Постановления № 407 от 28.04.2015 г. Эти законодательные нормы *федерального закона прямого действия* федеральные власти и ведомства не применяют, что и привело к значительному росту закредитованности ОПК.

С учетом вышеизложенного для системного решения указанной ключевой проблемы в целях обеспечения устойчивой работы предприятий ОПК и их развития предлагаем во исполнение последних поручений высшего руководства страны направить в Совет Безопасности РФ, в Коллегию ВПК совместные предложения общего собрания Ассоциации судостроителей и ученых Санкт-Петербургского государственного экономического университета «О внесении изменений в статью 10 (п. 1, пп. 6) ФЗ-275».

Полагаем настоятельно необходимым рассмотреть и принять в установленном порядке решение о внесении в статью 10 (п. 1, пп. 6) Федерального закона ФЗ-275 в 2020 г. нормы прямого действия, определяющей *размер минимальной 10% и максимальной прибыли по госзаказам 20% от полной себестоимости продукции с учетом средств, необходимых предприятиям ОПК для реализации проектов технологического развития, диверсификации, импортозамещения, а также для обслуживания привлеченного на эти приоритетные цели капитала.*

Подтверждаем готовность ряда предприятий отрасли, Ассоциации судостроителей и ученых СПбГЭУ принять участие в Рабочей группе Коллегии ВПК по данной проблеме и в апробации принятых решений. ■



**Структура цены и прибыли по гособоронзаказу**

### ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ИЗМЕНЕНИЮ СТАТЬИ 10 (П. 1 ПП. 6) ФЕДЕРАЛЬНОГО ЗАКОНА ФЗ -275

| Статья 10. Методы государственного регулирования цен на продукцию по государственному оборонному заказу                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| П. 1. Государственное регулирование цен на продукцию по государственному оборонному заказу осуществляется посредством:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Пп. 6. (Действующая редакция)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Пп. 6. (Предлагаемая редакция)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| определения минимального и максимального размеров рентабельности (прибыли) и порядка их применения при расчете цен на продукцию по государственному оборонному заказу с учетом средств, которые необходимы главному исполнителю, исполнителю для развития производственных мощностей и обслуживания привлеченного капитала, обеспечивающих выполнение государственного оборонного заказа, а также с учетом финансовой поддержки, оказываемой государством в целях выполнения государственного оборонного заказа; | определения при расчете цен на продукцию по государственному оборонному заказу: <ul style="list-style-type: none"> <li>– минимального уровня плановой рентабельности (прибыли) в размере 10% от полной себестоимости продукции по ГОЗ,</li> <li>– максимального уровня плановой рентабельности (прибыли) в размере 20% от полной себестоимости продукции с учетом средств, которые необходимы главному исполнителю для технологического развития мощностей, диверсификации, импортозамещения и обслуживания привлеченного на эти цели капитала, с обеспечением контроля за использованием не менее 2/3 полученной прибыли на указанные приоритетные цели.</li> </ul> |

**С**редне-Невский судостроительный завод – одно из ведущих российских предприятий, специализирующееся на строительстве кораблей и судов из композитных материалов. Завод основан в 1912 г. в Петербурге, и в минувшем году отметил свое 106-летие. За более чем вековую историю со стапелей верфи было спущено более 500 кораблей и судов различного назначения.

Основным направлением деятельности завода традиционно является серийное строительство кораблей противоминной обороны. Это направление остается приоритетным для предприятия и сегодня. Однако наряду со строительством сложной военной техники Средне-Невский судостроительный завод продолжает развивать свои компетенции в области гражданского судостроения.

Пассажирский катамаран пр. 23290 – яркий пример применения компетенций в работе с композитными материалами в гражданском судостроении. Судно пр. 23290 предназначено для пассажирских перевозок на дистанции до 1000 км по внутренним водоемам и прибрежным районам морей. Пассажировместимость катамарана – 150 человек. В этом году головное судно линейки судов пр. 23290 – пассажирский катамаран «Грифон» – успешно завершило работу на одной из скоростных линий Санкт-Петербурга.

Смелый инновационный проект имеет множество характеристик, де-

лающих его привлекательным для самого широкого круга потенциальных заказчиков. Высокая мореходность, сравнительно низкие эксплуатационные расходы, низкая стоимость обслуживания, пассажировместимость, большая дальность плавания, современные стандарты отделки, ремонтпригодность, дизайн, безопасность и комфортное размещение пассажиров – эти и другие конкурентные преимущества позволяют говорить о судне Средне-Невского судостроительного завода как о новом лице российского скоростного пассажирского флота.

Еще один инновационный проект, реализуемый заводом, – многоцелевой катер пр. Р1650 «Рондо», серийное строительство которого ведется сейчас на верфи. Это судно предназначено для выполнения задач патрульно-инспекционной службы, несения дежурства в назначенных районах, доставки и снятия спецперсонала с судов, подлежащих досмотру, пере-

возки групп спецперсонала, грузов, спасения людей в районах несения дежурств. Этот катер обладает множеством вариантов применения, а особенности проекта открывают широкие возможности для модификации судна под любые задачи.

Комбинирование материалов и технологий в строительстве судов пр. Р1650 «Рондо» дает ряд преимуществ, позволяющих существенно сократить затраты на эксплуатацию и обслуживание. Применение композитных материалов при изготовлении палубы, рубки и элементов обстройки обеспечивает высокое качество отделки. Корпус катера, выполненный из судостроительной стали, и особенности конструкции донно-забортной арматуры позволяют эксплуатировать судно в зимний период в условиях мелкобитого льда, а также ставить катер в отстой на воде с вмержанием в лед. Из особенностей катеров пр. Р1650 заказчик в первую очередь отмечает экономичность, комфорт-

## СРЕДНЕ-НЕВСКИЙ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД - ИННОВАЦИИ В ГРАЖДАНСКОМ СУДОСТРОЕНИИ

*АО «Средне-Невский судостроительный завод»,  
контакт. тел. (812) 648 3086*



*Пассажирский катамаран «Грифон» пр. 23290*



ность и хорошие мореходные качества. Это пример не только гармонии металлического корпуса и композитной надстройки, но и отличного сочетания цены, эргономики и внешнего вида изделия.

Пр. А45-90.2 – еще одна перспективная разработка Средне-Невского судостроительного завода. Судно пр. А45-90.2 однокорпусное, с двумя пассажирскими палубами, рестораном, прогулочной палубой и рулевой рубкой, расположенной в носовой части, с кормовым расположением машинного отделения, трехвальной дизельной установкой. Судно предназначено для перевозки 150 пассажиров в комфортабельных каютах на маршрутах протяженностью до 2200 км. В отличие от теплоходов предыдущих поколений судно отвечает современным требованиям к комфортности размещения пассажиров и членов экипажа, уровню отделки жилых помещений. На судне предполагается организация групп кают нескольких классов – стандарт, полулюкс, люкс и кают для пассажиров с ограниченными возможностями.

Применение современных технологий, использование высококачествен-



*Многоцелевой катер пр. P1650 «Рондо»*

ного оборудования, отличное качество строительства и отделки позволяют говорить о судне пр. А45-90.2 как о современном пассажирском теплоходе с высоким уровнем обитаемости, отличными мореходными и скоростными характеристиками, топливной и эксплуатационной экономичностью.

Освоение передового опыта, активное внедрение инновационных

технологий в производство и высокий профессиональный уровень специалистов и рабочих предприятия – эти характерные черты делают Средне-Невский судостроительный завод безусловным флагманом в своей отрасли. Предприятие – надежный партнер, нацеленный на долгосрочное, стабильное и взаимовыгодное сотрудничество. ■



*Пассажирское судно пр. А45-90.2*

**А**искурс последовательных изменений методов генерации богатства в денежной форме, старт которого совпал с исходным моментом развития современного капитализма – денежной цивилизации положил начало беспорядку во всей мирохозяйственной системе. Непрерывно ускоряющийся стимулируемый рост спроса на деньги для формирования и увеличения финансовых спекуляций ведет к спиралевидному коллапсу реальной экономики, т. е. производства и потребления товаров и некоторых услуг, объективно необходимых для выживания и развития человечества.

В настоящее время действующие руководители экономики оказались перед лицом важнейшей проблемы: если сложившаяся и набирающая темп финансовая система обречена, то может ли общество заменить ее новой здоровой экономической системой, причем в такой срок, чтобы успеть предотвратить социально-экономическую катастрофу всемирного масштаба? При этом если руководители верхнего яруса – наднациональный финансовый олигархии – располагают для постановки и решения этой задачи большим запасом времени (в силу инерционности мировой экономики) и хорошо отработанным инструментарием управленческих решений и действий, а главное – доступом к обширной ресурсной базе, то для отдельных стран обстановка складывается гораздо острее.

Человечество сталкивается не с обычным циклическим кризисом на финансовых рынках, а с системным кризисом цивилизационной трансформации. Либо удастся уничтожить основы кризисообразующей экономической стратегии, либо кризис разрушит саму экономику. Так считают такие выдающиеся ученые, как Л. Ларуш, С. Ю. Глазьев, М. Аллэ и др.: до тех пор, пока будут превалировать монетаристские формы полной либерализации и связанная с ней фритрейдерская политика, невозможно будет предотвратить финансовый коллапс целых стран. Если даже изменения в политике в последний момент предохранят мир от разрушения реальной экономики, любое улучшение ситуации будет зависеть от создания и запуска широкомасштабных государственных кредитных механизмов, действующих независимо от старой системы. В особенности это критически актуально для современной России. Страна около столетия пребывает вне сферы развития элементов денежной цивилизации, и соответствующие области экономической науки не разрабатывались и не изучались. Более того, в этот период господствовал плановый подход к управлению, поэтому принудительная интеграция России в денежную цивилизацию носила силовой и разрушительный по отношению к национальным традициям характер. Вследствие этого:

- эффективность управления экономической резко снизилась и восстановить ее навязанными извне либерально-монетаристскими методами пока не удастся, валовой внутренний продукт (ВВП) после тридцатилетнего развития «эффективной» рыночной экономики едва достиг 80% от уровня 1990 г., а исчисленный в показателях физической экономики для отдельно взятой судостроительной отрасли составляет лишь одну седьмую от той же базы;
- ориентация на рынок как двигатель развития, диктуемая монетаристской идеологией, привела к экспортно-колониальной структуре производства в России, единственной из крупных экономик, удельный вес экспорта в ВВП которой достиг 42%;
- в целом укрепляется статус сырьевого придатка;
- усугубляется утрата индустриальной цивилизации;
- развитие собственной «денежной цивилизации» в РФ остановилось: не проводятся эффективные операции на внешних финансовых рынках, отсутствует кредитование реального сектора;
- в силу жестокого табуирования по политико-идеологическим мотивам любых девиаций от основного направления либерально-монетаристских постулатов экономической науки отсутствует поиск путей и методов управления российской экономикой, адекватных ее современному состоянию и отличных от исчерпавшей свой ресурс денежной цивилизации.

Следствием этого стала такая катастрофическая характеристика экономики России, как годовой темп прироста ВВП. По этому показателю страна имеет самый низкий результат. Таким образом, отставание от прогресса мировой экономики не только не преодолевается, но и нарастает.

Все более очевидной становится насущная необходимость отказа от измерения относительной эффективности экономики различных стран монетарными показателями денежных цен и измерения ее по реальному выпуску и потреблению физических объемов продукции. Выпуск продукции должен соизмеряться с объективными потребностями общества. В это число должны включаться основные статьи физического потребления плюс две

основные категории услуг: здравоохранение и образование. Набор продукции должен определяться как общественно необходимый уровень при заданном качестве жизни, при таких параметрах, как продолжительность жизни, здоровье, безопасность, образование, культура и т. д.

Чтобы сравнить физический выпуск с физическими затратами, следует выразить оба показателя в единицах трудозатрат за период, измеряемый в первом приближении количеством часов непосредственно использованного производительного труда. Это затраты стандартны для каждого компонента потребительской корзины или для некоего потребления и сопоставимы с фактическими трудовыми затратами. Так можно сравнивать производительность и степень удовлетворения потребности в различных производственных секторах, в разное время и в разных странах. Следует иметь в виду, что существующие методы счета национального дохода исключают попытки проводить рациональные различия между физически ненужным расширением номинального дохода и полезным производством и потреблением. Обширное разрастание мнимых ценностей финансового прироста, получаемого от многочисленных спекулятивных форм генерации доходов, исчисляется в составе национального дохода на равных правах с производством пищи и одежды, образованием, медициной, созданием инфраструктуры и развитием рабочих мест в промышленности.

В зарубежной политической экономике концепция физической экономики не принималась под предлогом чисто методических сложностей выражения количества того или иного продукта и степени потребности в нем объективными физическими измерителями. Например, после появления в 1964 г. отчета фонда Г. Форда возникла доктрина «постиндустриальной утопии», вызвавшее рост занятости в непроизводительных обслуживающих профессиях», услуги которых не добавляли ничего ни к выпуску физического объема чистого продукта, ни к производительности экономики». Кроме того, к отчетам о ВВП добавлялись начисленные суммы накладных расходов на невыполненные работы по ремонту и обслуживанию объектов основной производственной инфраструктуры и т. д. Так, например, 300 лет назад 90% населения должны были трудиться в сельском хозяйстве просто для обеспечения общества едой. Часть рабочей

## ТЕОРИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ ЭКОНОМИКИ КАК АЛЬТЕРНАТИВА ДЕНЕЖНОЙ ЦИВИЛИЗАЦИИ

**А.В. Иванкович**, канд. эконом. наук, зам. начальника финансового отдела АО «Адмиралтейские верфи»,  
контакт. тел. +7 (921) 377 0968, (812) 714 8575



силы, высвобожденной из сельского хозяйства благодаря техническому прогрессу, поглощалась меньшим, но пропорциональным ростом двух продуктивных сфер занятости: создание и поддержание основной производственной инфраструктуры и производства полезных, физически необходимых для данного уровня культуры и качества жизни предметов потребления. Согласованный рост городской индустрии и сельскохозяйственной продуктивности предсказал еще А. Гамильтон в своем труде «О мануфактурах», направленном против концепции А. Смита.

Эти изменения связаны с тремя процессами развития: ростом производительности на единицу рабочей силы; усложнением социального разделения труда; ростом энерговооруженности труда.

По мере увеличения перечисленных характеристик возникают потребности в увеличении занятости непосредственно в науке и технике. Термин «технология» в силу частого применения к самым разнообразным явлениям утратил четкую определенность.

Трактуя классическое определение технологии как совокупности приемов и способов получения и обработки сырья, материалов, полуфабрикатов и изделий, предполагают, что инновации технологической направленности возникают самопроизвольно, спонтанно и являются двигателями импортного либо циклического процесса. На самом деле технический прогресс возникает в силу роста потребности в увеличении физической производительности, в первую очередь, в сфере управления.

Базовые положения физической экономики были сформулированы Г. Лейбницем в конце XVII в., в годы, предшествовавшие старту промышленной революции. Оценивая перспективы бурно развивающейся системы тепловых машин, Г. Лейбниц предложил за счет применения энергии паровых машин, вытесняющей большую часть работников, занятых в сельскохозяйственном производстве, использовав их для совершенствования орудий труда и инфраструктуры, повышающих производительность работников, создающих предметы непосредственного потребления.

Возрастание производительной силы труда обусловлено применением принципа научного открытия как инструмента, конструкции продукта и механизации производства. Модель экономики Г. Лейбница, в которой снижение энтропии и повышение упорядоченности системы достигалась за счет интеллектуальных усилий управленческого аппарата, а не спонтанного появления технологических инноваций, названная Л. Ларушем неэнтропийной, противостоит энтропийным схемам, мобилизованным олигархически-финансовыми силами.

По Лейбницу, миссия экономики – стремление к счастью, а его противники базируются на тезисе погони за собственностью Дж. Локка. Энтропийные теории А. Смита, Д. Рикардо, К. Маркса являются деривативами политической экономии Дж. Локка. И эти учения считают прибылью нечто, взятое одной личностью у другой в форме торговой прибыли, ссудного процента или спекулятивных биржевых операций, а экономика – суть игра с нулевой суммой.

Еще физиократы считали, что чистый рост богатства на душу населения представляет собой дар природы, а не результат сознательного производительного труда человека. Сторонники же физической экономики считают рост совокупного дохода (благополучия общества) – естественным плодом развития эффективного использования факторов производства: природных ресурсов; трудовых ресурсов; энергии; основных производственных фондов; организации и управления посредством операций с информационными потоками, упорядочивавших производственную систему и уменьшающие ее энтропию.

В современных условиях целесообразно ввести в этот ряд шестой фактор – интеллектуальный потенциал как основу инновационного развития и использования перечисленных факторов. Характерно, что денежные средства в качестве фактора производства непосредственно не выступают: они должны предварительно капитализироваться в форме какого-либо из перечисленных факторов. В условиях господства капиталистического способа производства и потребления в современном мирохозяйственном укладе сложно обнаружить элементы физической экономики в масштабе крупного внутризаводского уровня, почему и господствует представление от тотальной диффузии на денежной цивилизации во все области экономики и слою общества.

Действительно, хотя массовое индустриальное производство, базирующееся на последовательной замене ручного труда механизированным и автоматизированным за счет наращивания энерговооруженности и капиталоемкости, как основополагающий постулат физической экономики реализован именно в индустриальной фазе развития капитализма, целевая функция получения прибыли порождает целый ряд производных характеристик, ингибирующих достижение благоденствия общества. Среди таких характеристик можно назвать:

- товарно-рыночные отношения и конкуренцию как основу регулирования деятельности реального сектора;
- частную собственность на все ресурсы производства;
- прибыль с последующей ее капитализацией как цель воспроизводства;
- существование государственных, внеили надгосударственных структур,

ограничивающих капитал рамками гражданского общества.

Если сказанное справедливо для спокойного, эволюционного развития стабильного капитализма, то современные проявления кризисных явлений в еще большей степени затрудняют достижения цели капитализма. Среди них:

- истощение возможностей;
- экспансии вовне, когда путем неэквивалентного обмена в центр из периферии импортируется прибыль;
- кредитование потребителей и извлечение прибыли через банковские проценты;
- перераспределение фонда потребления от богатых к бедным.

Представляется, что именно ужесточение условий функционирования институтов капиталистического общества породит ренессанс физической экономики.

Лучший тому пример – две мировые войны и, отчасти, гонка вооружений в период холодной войны. Во время обеих мировых войн управление оборонной промышленности в Германии, Великобритании, США велось именно методами физической экономики. Материальные потребности определяли генеральные штабы в сугубо натуральном выражении, исходя из стратегического планирования операций, т. е. несравненно точнее, чем рыночными методами.

Формирование и развитие производственного потенциала велось методами мобилизации и перераспределения: целевое управление собственным производством и контроль выпуска велось непосредственно силами заказчика. Многие неудачи России в Первой мировой войне как раз объясняются провалом попыток ввести хотя бы отдельные элементы физической экономики.

Но самый методически чистый и впечатляющий своими масштабами и результатами опыт практической реализации концепции физической экономики был получен в промышленности СССР, особенно в ее оборонном секторе. Здесь в результате Первой мировой и Гражданской войн прекратила свое существование система классического капитализма, расчистив пространство для грандиозного эксперимента – построения физической экономики, ставшей классикой уже в плановом формате. Она показала блестящие результаты, просуществовав 50 лет (1930–1980 гг.), и раскрыла не только свой потенциал, но и слабые места.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. История отечественного судостроения / Под ред. И. Д. Спасского. – Т. 4 и 5. – СПб.: Судостроение, 1996.
2. Печатнов В. О., Гамильтон и Джефферсон / Ред. М. Ю. Ситнина. – М.: Международные отношения, 1984.
3. Ларуш Линдон. Физическая экономика. – М.: Научная книга, 1997. ■

Статья публикуется в дискуссионном порядке

**29** апреля 1950 г. в поселке Сокольское Ивановской области (ныне – Нижегородская область), в семье рабочего родился Николай Павлович Мартынов.

В 1965 г. он окончил восемь классов сокольской восьмилетней школы и продолжил обучение в средней школе № 1, по окончании которой работал автослесарем в местном автотранспортном предприятии, затем преподавателем трудового обучения и математики в восьмилетней школе.

В июле 1968 г. был направлен по комсомольской путевке в Ленинградское высшее военно-морское инженерное училище и в 1973 г. окончил его по специальности «газотурбинные энергетические установки» с присвоением квалификации военного инженера-механика.

В 1973 г. его направили в распоряжение командующего Краснознаменным Черноморским флотом для прохождения службы. С августа 1973 г. по ноябрь 1975 г. он – командир машинной группы электромеханической боевой части большого противолодочного корабля, с ноября 1975 г. по октябрь 1977 г. – командир дивизиона движения электромеханической боевой части большого противолодочного корабля Черноморского флота. С октября 1977 г. по август 1978 г. учился в Ленинграде на Высших специальных офицерских ордена Ленина классах ВМФ и окончил по специальности заместителя командира соединения надводных кораблей по электромеханической части.

С сентября 1978 г. по ноябрь 1978 г. – командир электромеханической боевой части большого противолодочного корабля. С ноября 1978 г. по январь 1982 г. – командир электромеханической боевой части сторожевого корабля, с января 1982 г. по ноябрь 1982 г. – помощник начальника электромеханической службы по живучести соединения надводных кораблей Черноморского флота. С ноября 1982 г. по сентябрь 1987 г. – заместитель командира соединения надводных кораблей по электромеханической части – начальник электромеханической службы надводных кораблей Черноморского флота.

Затем его направили в Военно-морскую академию им. Маршала Советского Союза А. А. Гречко, которую он окончил в 1989 г. и был назначен главным корабельным инженером – заместителем начальника Технического управления Черноморского флота. Далее занимал должность заместителя начальника эксплуатации и ремонта вооружения – начальника Технического управления, заместителя командующего Черноморским флотом по эксплуатации и ремонту вооружения.

С сентября 1998 г. по апрель 2000 г. – главный механик ВМФ. После вступления в должность решением Главнокомандующего ВМФ был включен в комиссию по разделу Черноморского флота между

## Н.П. МАРТЫНОВУ – 70 ЛЕТ



Россией и Украиной и направлен в распоряжение первого заместителя министра обороны РФ.

В период службы Главным механиком принимал непосредственное участие в подготовке кораблей ВМФ к несению боевой службы в различных районах Мирового океана, в закладке кораблей на судостроительных заводах России, а также в создании службы живучести на ТАВКР «Адмирал Флота Советского Союза Кузнецов».

В мае 1994 г. Указом Президента РФ ему было присвоено воинское звание контр-адмирала.

Кандидат технических наук (1999), профессор (2002).

Н. П. Мартынов разработал систему поддержания технической готовности кораблей ВМФ в новых условиях.

Николай Павлович прошел большую школу океанских походов, участвовал в оказании помощи по спасению экипажа АПЛ Северного флота при ее гибели в Атлантическом океане (1986), в обеспечении охраны советских рыболовных судов в районе Марокко в период вооруженных конфликтов (1982). Ветеран военной службы.

В 2000 г. он был назначен на должность начальника Военно-морского инженерного института, где активно внедрял в образовательный процесс современные методы проведения занятий и новые технологии, при этом особое внимание уделял практической подготовке курсантов к выполнению функциональных обязанностей по первичной должности.

Имеет 35 научных трудов, в том числе 28 по вопросам поддержания технической готовности боевого состава ВМФ и 7 по реформированию военного образования. Под его руководством подготовлены и защищены три кандидатские диссертации.

По инициативе Николая Павловича в 2000 г. в Главном Адмиралтействе были установлены мемориальные доски выпускникам института, погибших на АПЛ «Комсомолец» и «Курск», в 2003 г. мемориальные доски погибшим в г. Пушкин и академику А. П. Александрову в честь 100-летия со дня его рождения. В 2004 г. в Санкт-Петербурге на первом здании Училища корабельной архитектуры установлена памятная доска «Первое в мире Военно-морское инженерное учебное заведение». Н. П. Мартынов способствовал воссозданию истории этого училища – Морского инженерного училища императора Николая I – ВВМИОЛУ имени Ф. Э. Дзержинского – ВВМИУ им. В. И. Ленина – Севастопольского ВВМИУ – Военно-морского инженерного института.

О научных достижениях и об авторитете Н. П. Мартынова у научной общественности и руководителей высших учебных заведений Петербурга говорит избрание его действительным членом Санкт-Петербургской инженерной академии (1998); Международной академии наук экологии, безопасности человека и природы (2000); Петровской академии наук и искусств (2000); Российской инженерной академии (2004); членов Совета ректоров Петербурга, членов Президиума НТО судостроителей им. акад. А. Н. Крылова. В 2005 г. он окончил Северо-Западную академию государственной службы.

С января 2010 г. по сентябрь 2011 г. находился в распоряжении Главнокомандующего ВМФ, затем – в распоряжении начальника Военного учебно-научного центра ВМФ «Военно-морская академия» в связи с проведением организационно-штатных мероприятий. В октябре 2013 г. уволен в запас.

За заслуги перед Отечеством отмечен многими наградами: орденами «За военные заслуги» (1996), «Дружбы» (2000); медалями «За боевые заслуги» (1982), «За боевое содружество» (Республики Куба, 1986), «300 лет Российскому флоту» (1996), «В память 850-летия Москвы» (1997), «За укрепление боевого содружества» (1998), «В память 300-летия Санкт-Петербурга» (2003), медалями Министерства обороны РФ, а также памятной медалью «Патриот России».

В 2000 г. министром обороны РФ награжден именным холодным оружием – морским кортиком.

*Редакционный совет и редколлегия журнала «Морской вестник» поздравляют Николая Павловича с юбилеем и желают ему благополучия и здоровья.* ■



**К**ак известно АО «Компрессор» было основано в 1877 г. как завод по производству артиллерийского вооружения для российской армии и флота. Шестьдесят лет назад, в декабре 1959 г., согласно решению Совета Министров РСФСР № 159 Специальное конструкторское бюро СКБ-103 Ленинградского компрессорного завода № 103 преобразовано в Центральное конструкторское бюро ЦКБ «Компрессор» – самостоятельную базовую, единственную в стране проектную организацию, осуществляющую разработку компрессоров и компрессорных станций воздуха высокого давления для кораблей и судов всех классов.

В настоящее время ЦКБ входит в состав холдинга АО «Компрессор». За время существования ЦКБ «Компрессор» разработаны различные типоряды специализированных компрессоров и компрессорных станций: свободнопоршневые дизель-компрессоры и станции, кривошипно-шатунные и аксиально-поршневые электрокомпрессоры и станции, винтовые, мембранные компрессоры для сжатия воздуха и различных газов (водород, природный газ, азот, кислород) на различные уровни давления от 1,0 до 40,0 МПа.

На инновационные конструкторские решения получено 440 патентов на изобретения. На протяжении истории ЦКБ «Компрессор» являлось головным разработчиком серийного компрессорного оборудования для отечественного судостроения, а АО «Компрессор» по настоящий день занимает лидирующие позиции по разработкам и поставкам специализированных компрессоров для подводных лодок и кораблей ВМФ. Оборудование АО «Компрессор» также было успешно использовано в составе наземных сооружений ВМФ и Министерства

## ПРИМЕНЕНИЕ ДОЖИМАЮЩИХ МЕМБРАННЫХ КОМПРЕССОРНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ГАЗОВ НА ЗАКАЗАХ ВМФ

**Л.Г. Кузнецов**, д-р техн. наук, ген. конструктор,  
**А.В. Бураков**, начальник ЦКБ,  
**Д.С. Михайлов**, начальник отдела,  
**А.В. Тикалов**, начальник сектора,  
**И.С. Толокнова**, инженер-конструктор, АО «Компрессор»,  
контакт. тел. (812) 295 5090

обороны РФ – базы в п. Гаджиево и г. Вилючинск, применяется на космодромах «Байконур», «Плесецк», «Восточный», атомных электростанциях, в том числе «Бушер», «Куданкулам». Оборудование установлено и надежно работает на компрессорных станциях магистральных газопроводов Ухта-Торжок, Бованенково-Ухта, Североевропейский газопровод, Южный поток, Чаяндинское НГКМ, Бованенковское НГКМ и др.

АО «Компрессор» имеет в своем производственном арсенале большую номенклатуру серийных специализированных корабельных компрессоров для технических газов (рис. 1 и рис. 2), применяемых на кораблях и судах ВМФ, перекачка кислорода, водорода, азота, углекислого и природного газа связаны с использованием мембранных компрессоров типа ЭКГМ, а создание вакуума в исследовательских производственных целях, помещениях с вредной атмосферой: системах регенерации требуются газоплотные поршневые компрессоры ГKB2 А, ЭК0,25/100, ЭК0,9 В, ЭК0,9 В ПТ.

Технические характеристики серийных мембранных компрессоров с приемкой ВП МО РФ и РМРС указаны в таблице.

Таблица

*Технические характеристики электрокомпрессоров газовых мембранных*

| Характеристика                              | Электрокомпрессоры  |                     |                |                |
|---------------------------------------------|---------------------|---------------------|----------------|----------------|
|                                             | ЭКГМ 35/200Р        | ЭКГМ 350/350        | ЭКГМ 200/220   | ЭКГМ 140/280   |
| Рабочая среда                               | Азот, аргон, воздух | Азот, аргон, воздух | Кислород       | Кислород       |
| Производительность, м³/ч                    | 35                  | 350                 | 200            | 140            |
| Начальное давление, МПа (кгс/см²)           | 2 (20)              | 2 (20)              | 2 (20)         | 2 (20)         |
| Конечное давление, МПа (кгс/см²)            | 20 (200)            | 35 (350)            | 22 (220)       | 28 (280)       |
| Мощность электродвигателя потребляемая, кВт | 30                  | 30                  | 36             | 38             |
| Масса, кг                                   | 4510                | 5100                | 5400           | 5300           |
| Габаритные размеры, мм: длина×ширина×высота | 2200×1480×1600      | 2500×1450×1880      | 2320×1550×1880 | 2100×1500×1880 |

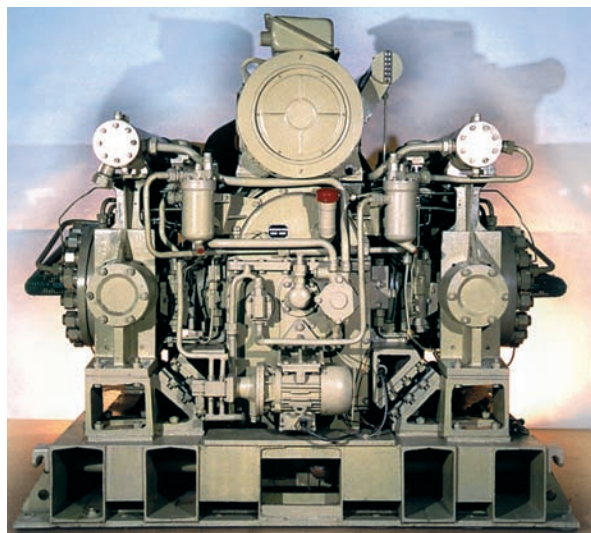


Рис. 1. Мембранная компрессорная установка азотная ЭКГМ350/350

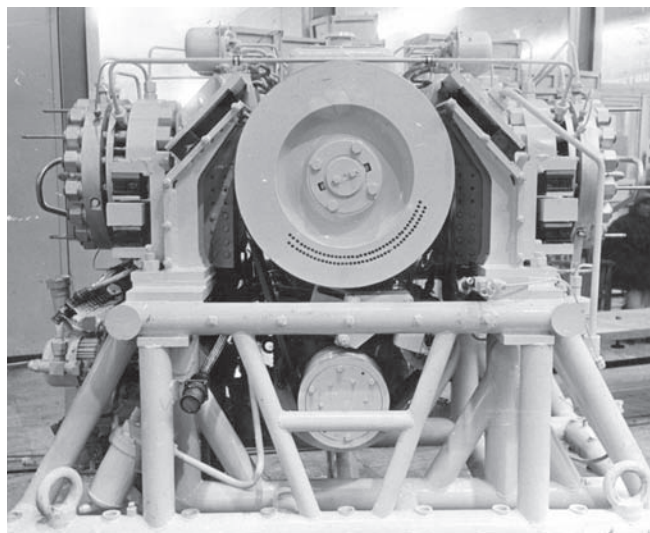


Рис. 2. Мембранная компрессорная установка кислородная ЭКГМ200/220

Серийные мембранные компрессоры предназначены для перекачки газообразного азота на кораблях ВМФ (авианесущих крейсерах пр. 1143 и атомных ракетных крейсерах пр. 1144), перекачки газообразного медицинского кислорода высокого давления в судовых системах и в химической промышленности.

Для обеспечения высоких требований по стойкости к внешним воздействиям и виброшумовым характеристикам мембранные компрессоры типа ЭКГМ имеют большую производительность, мощность и массогабаритные характеристики. Особенность компрессоров типа ЭКГМ – уравнивающая оппозитная компрессорная база с соосным расположением рядов гидроцилиндров аналогично расположению цилиндров в патенте №RU 165141 [5], при этом инерционные силы противолежащих рядов компенсируются и не передают вибрации на фундамент.

Такие мембранные компрессоры используются в тех случаях, когда предъявляются особо жесткие требования к чистоте сжимаемого газа (не допускается присутствие паров смазочного масла, воды, пыли и т.д.). Кроме того, полная герметичность полости сжатия позволяет применять мембранные компрессоры для сжатия таких газов, как кислород, закись азота, фтор, хлор и др. [1]. Возможность получения в мембранном компрессоре высоких давлений при малом числе ступеней обусловлена малой относительной величиной мертвого пространства, составляющей 2,5–3,5% [2].

АО «Компрессор» поставляло электрокомпрессоры газовые мембранные ЭКГМ35/200Р (рис. 3) для АО «ОКБМ Африкантов» (входит в машиностроительный дивизион Росатома – Атомэнергомаш) – разработчика и комплектного поставщика интегральной реакторной установки РИТМ-200 для головного и двух серийных ледоколов пр. 22220 (ЛК-60).



Рис. 3. Мембранная компрессорная установка азотная ЭКГМ35/200Р

Строительство ледокола «Арктика» типа ЛК-60Я ведется на АО «Балтийский завод» по заказу ФГУП «Росатомфлот». Разработчиком пр. 22220 является ЦКБ «Айсберг». Ледоколы этого проекта мощностью 60 МВт станут самыми большими и мощными в мире и смогут обеспечивать проводку судов по Северному морскому пути для доставки углеводородного сырья с месторождений Ямальского, Гыданского полуостровов и с шельфа Карского моря на рынки стран Азиатско-Тихоокеанского региона.

Длина судна – 173,3 м, ширина – 34 м, водоизмещение – 33,5 тыс. т.

Головной ледокол проекта – «Арктика», два первых серийных ледокола «Сибирь» и «Урал».

Электрокомпрессор ЭКГМ 35/200Р производства АО «Компрессор» по совокупности уникальных свойств для применения в системе обеспечения реакторной установки ледокола пр. 22220 чистым азотом не имеет аналогов, относится

к оборудованию 2-го класса безопасности и имеет одобрение Филиала по атомным судам РМРС.

В настоящее время как в отечественном компрессоростроении [3], так и в иностранных компаниях ведутся исследования [4] мембранных компрессоров, направленные на увеличение ресурса металлических мембран, достижение более высоких рабочих давлений, обеспечение сжатия эффективного сжатия таких газов, как водород и гелий. АО «Компрессор» активно ведет работы по разработке нового компрессорного оборудования, отвечающего требованиям технологичности, безопасности и конкурентоспособности на рынке современного машиностроения. Разрабатываются мембранные компрессоры на давление 70–90 МПа для газозаправочных станций водорода, мембранные компрессоры на класс давления 20 МПа для радиоактивного гелия.

В условиях современного рынка потребителей энергетического оборудования приоритетными являются удельные характеристики, а именно высокая производительность и малые массогабаритные характеристики.

Для нужд ВМФ и применения в проекте «АО ЦКБ «Лазурит» «Компрессор» разработал новый, отличающийся от предыдущей линейки, малогабаритный мембранный кислородный компрессор с приемкой РМРС – дожимную компрессорную установку ДКУ18/30–300.

#### Основные параметры ДКУ18/30–300

| Характеристика                                       | Значение                                                                                             |
|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Рабочая среда .....                                  | Кислород медицинский, азот, инертные газы, гелий высокой чистоты, смеси указанных газов с кислородом |
| Производительность, м <sup>3</sup> /ч .....          | 18                                                                                                   |
| Начальное давление, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ) ..... | 3 (30)                                                                                               |
| Конечное давление, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ) .....  | 30 (300)                                                                                             |
| Мощность потребляемая, кВт .....                     | 2,2                                                                                                  |
| Масса, кг .....                                      | 175                                                                                                  |
| Габаритные размеры, мм:                              |                                                                                                      |
| длина×ширина×высота .....                            | 960×470×840                                                                                          |

ДКУ18/30–300 предназначена для наполнения кислородных баллонов под высоким давлением. В процессе разработки этой установки было проведено сравнение наиболее оптимальных из ранее известных методик расчета мембранных компрессоров, проанализированы существующие аналоги и технологии и выбрана наиболее простая надежная и безопасная конструкция, что позволило создать эффективный компрессор, обеспечивающий степень повышения давления П=10. Стоит отметить, что основной рабочей средой ДКУ18/30–300 является газообразный медицинский кислород, поэтому в конструкции применены материалы для деталей, непосредственно соприкасающихся с газообразным кислородом, полностью отвечающие требованиям ГОСТ 12.2.052–81 [6].

ДКУ18/30–300 (рис. 4) – однорядный одноступенчатый мембранный компрессор жидкостного типа. Так как во время работы необходимо вручную менять наполняемые кислородные баллоны, то наличие автоматического управления компрессором не требуется, что делает данный компрессор более доступным. Привод осуществляется от асинхронного электродвигателя с частотой вращения 3000 об/мин, передача крутящего момента происходит через клиноременную передачу с понижением оборотов на валу компрессора до 750 об/мин.

Сжатие газа в мембранном блоке происходит за счет колебательного действия мембран в мембранном блоке. Наличие трех мембран в конструкции мембранного блока обеспечивает герметичное разделение жидкостной и газовой полости. Полость сжатия обеспечена особой формой профиля корпуса мембранного блока и ограничительного диска (рис. 5).



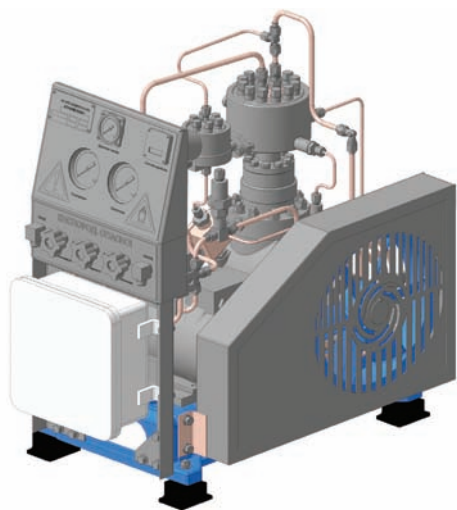


Рис. 4. Дожимная компрессорная установка ДКУ18/30-300

После компримирования рабочая среда с давлением 300 кгс/см<sup>2</sup> через нагнетательный клапан попадает в холодильный газ и далее направляется в нагнетательный трубопровод наполнения баллонов высокого давления. Без постоянной циркуляции жидкости в мембранном компрессоре и постоянного напора жидкости в мембранном блоке процесс сжатия газа невозможен. Циркуляция жидкости осуществляется при помощи двух насосов циркуляционного и компенсационного, конструкция которых встроена непосредственно в корпус компрессорного агрегата.

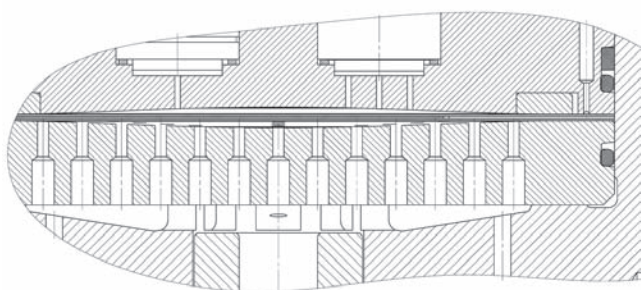


Рис. 5. Элемент мембранного блока ДКУ18/30-300

## ВВЕДЕНИЕ

При освоении новых прибрежных зон морские сооружения часто оказываются удаленными от стационарных источников электрического тока, а подвод к ним электропитания – неоправданно дорогостоящая операция. Поэтому для катодной защиты [1–2] таких сооружений целесообразно использовать автономные источники. Одним из таких надежных источников постоянного тока являются солнечные панели, срок службы которых превышает 25 лет [3]. Солнечные панели имеют один существенный недостаток – они не генерируют электроэнергию ночью. Для непрерывности работы катодной защиты в состав таких устройств должны входить другие источники постоянного тока. Чаще всего для этих целей используют электрические аккумуляторы, которые имеют

значительно меньший срок службы по сравнению с солнечными панелями и требуют обслуживания. Широко известно, что катодная защита морских сооружений сопровождается образованием на металлической поверхнос-

Отдельное внимание на стадии разработки и проектирования ДКУ18/30-300 было уделено прочностным расчетам основных узлов. Так как компрессор обладает малыми габаритами и работает в зоне высокого давления, основные рабочие детали, а именно шейка коленчатого вала, плунжер, поршневой палец, мембранный блок и непосредственно сами мембраны, подвергаются большим нагрузкам и необходимо обеспечить для них достаточный запас прочности. Кроме того, необходимо обеспечение соответствия элементов компрессора требованиям РМРС [7]. В процессе конструкторских разработок были проведены расчеты как при помощи стандартных методов математического исследования и инженерных расчетов, так и при помощи современных программных комплексов (SolidWorks, ANSYS). Проведенные расчеты полностью подтверждают надлежащий запас прочности для ответственных узлов и деталей, входящих в них, что гарантирует надежность и стабильность работы компрессора.

Таким образом, дожимная компрессорная установка ДКУ18/30-300, разработанная и изготовленная силами АО «Компрессор», полностью отвечает современным требованиям рынка потребителей продукции машиностроительных производств, расширяет арсенал мембранных компрессоров компании и может составить достойную конкуренцию отечественным и импортным аналогам в нише мембранных компрессоров.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алтухов С. М., Румянцев В. А. Мембранные компрессоры. – М.: Машиностроение, 1967. – 128 с.
2. Френкель М. И. «Поршневые компрессоры: теория, конструкции и основы проектирования». – М.-Л.: Машгиз, 1960. – 654 с.
3. Щука И. О. Повышение эксплуатационных свойств мембранного блока мембранно-плунжерного компрессора: Дисс. на соискание уч. степени канд. техн. наук, Омск, 2012.
4. Ting Wang, Zhou Tang, Xiaohan Jia. Study on the stress and deformation of a diaphragm compressor cylinder head under extreme conditions. – 11<sup>th</sup> International Conference on Compressors and their Systems, 2019. – City, University of London.
5. Патент РФ № 165141. Двухрядный поршневой оппозитный компрессор: Оpubл. 10.10.2016.
6. ГОСТ 12.2.052–81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование, работающее с газообразным хлором. Общие требования безопасности (с изменениями № 1, 2).
7. Правила классификации и постройки морских судов. – Ч. IX: Механизмы. ■

## КАТОДНАЯ ЗАЩИТА МОРСКИХ СООРУЖЕНИЙ, УДАЛЕННЫХ ОТ СТАЦИОНАРНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Ван Мынг Ву, аспирант

Вьетнамского морского университета, Хайфон, Вьетнам,

Б. Б. Чернов, д-р хим. наук, проф., зав. кафедрой химии и экологии,

А. М. Нугманов, науч. сотрудник,

Л. Ю. Фирсова, канд. хим. наук, доцент,

Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского,  
контакт. тел. 8(423) 230 1254, +7(902) 5069267, chernov@msun.ru

ти солевых катодных осадков [2, 4–10], которые обладают защитной способностью [11–14], что позволяет отключать на определенный период ток катодной защиты, например, для ремонта или для замены анодов. Этот факт замечен давно

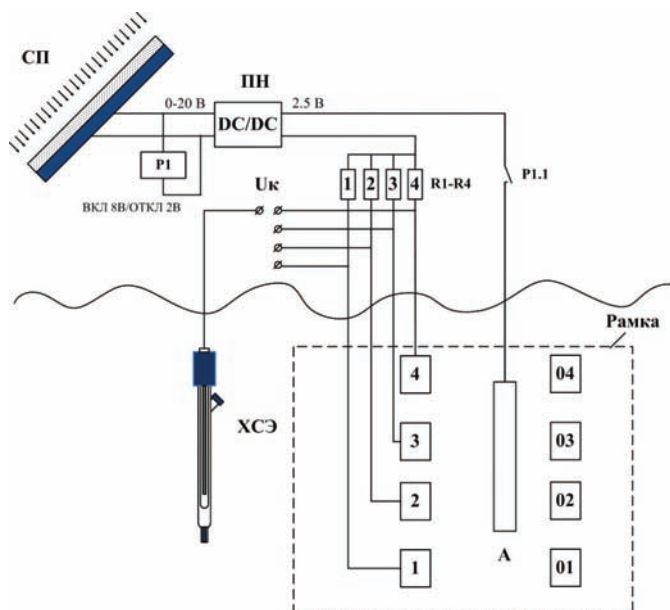


Рис. 1. Принципиальная схема катодной защиты с питанием от солнечной панели

СП – солнечная панель; ПН – преобразователь напряжения; P1 – катушка реле, P1.1 – нормально разомкнутые контакты; R1–R4 – калиброванные резисторы; Uк – клеммы для измерения потенциалов; 1–4 – катодно защищаемые образцы; 01–04 – контрольные образцы без защиты; ХСЭ – хлорсеребряный электрод сравнения; А – нерастворимый анод

и положен в основу проведения прямых экспериментов по катодной защите от устройств, питающихся только от солнечных батарей.

Цель данной разработки – оценка эффекта защиты малолегированных сталей в природной морской воде от устройства по катодной защите при различных токовых режимах с питанием только от солнечной панели.

Экспериментальная установка по катодной защите с питанием от солнечной панели была изготовлена на кафедре химии и экологии Морского государственного университета им. адм. Г.И. Невельского. Принципиальная схема установки представлена на рис. 1, а ее общий вид – на рис. 2.

Выводы анода и катодных образцов с целью предохранения их от воздействия морской воды изолировались силиконовым герметиком Siflex-219. Подача

питания в цепь «катоды–анод» от преобразователя напряжения (ПН) (DC/DC:  $U_{\text{вх}} = 2,5–20 \text{ В}$ ,  $U_{\text{вых}} = 2,5 \text{ В}$ ) осуществлялось через нормально-разомкнутые (NC) контакты P1.1 токового реле P1 ( $U_{\text{вкл}} = 8,0 \text{ В}$ ,  $U_{\text{откл}} = 2,0 \text{ В}$ ). При достаточной величине напряжения на выходе солнечной панели (СП) контакты замыкались, и цепь получала питание (см. рис. 1).

Для контроля и изменения величины тока, подаваемого на образцы, использовали резисторы R1–R4 при их номинальном значении, которые при заданной величине напряжения питания (при этом  $U_{\text{пит}} = 2,5 \text{ В}$ ) поддерживали различные значения плотности тока на защищенных образцах. Резисторы подобраны таким образом, что их номиналы были кратны двум:  $R1 = 2R2 = 4R3 = 8R4$ . Соответственно, кратны двум токи и, при равных площадях, плотности токов на катодах (табл. 1).

Таблица 1

Величины сопротивлений и токов на катодно защищаемых образцах ( $U_{\text{пит}} = 2,5 \text{ В}$ ; площадь катодов  $S_k = 80 \text{ см}^2$ )

| № образца | Сопротивление, кОм | $I$ , мА | $i$ , мА/м <sup>2</sup> |
|-----------|--------------------|----------|-------------------------|
| R1        | 5,4                | 0,46     | 58                      |
| R2        | 2,7                | 0,92     | 116                     |
| R3        | 1,35               | 1,85     | 231                     |
| R4        | 0,675              | 3,70     | 463                     |

Испытание установки проводили с пирса в природной морской воде яхт-клуба МГУ им. адм. Г.И. Невельского, г. Владивосток (бухта Федорова). Средние физические и химические свойства морской воды в период испытаний приведены ниже:

#### Параметры морской воды в месте испытаний [15]

| Параметр                    | Значение  |
|-----------------------------|-----------|
| Глубина, м                  | 3,0       |
| Температура, °C             | –1,7–24   |
| Скорость течения, м/с       | < 0,1     |
| Растворенный кислород, мг/л | 5,6–8,8   |
| pH                          | 7,4–8,2   |
| Соленость, ‰                | 28,1–32,3 |

В качестве источника постоянного тока применялась монокристаллическая солнечная панель (SOLARLAND, модель SLP030S-12, мощность 30 Вт).

В качестве защищаемых и контрольных образцов использовали образцы из малолегированной стали Ст.3-2хп по ГОСТ 19903–2015 с приблизительным составом (масса, %): Fe – 99,26; Mn – 0,441; Cr – 0,150; Cu – 0,146, размером 50×80×1,5 мм. Нерастворимым анодом 400×25×1,5 мм служил платинированный титан. Образцы и анод крепились на рамке размером 520×400 мм при помощи полиэтиленового шнура (рис. 3). Рамка с испытуемыми образцами опускалась на глубину 2 м и закреплялась на пирсе. Образцы перед опытом обрабатывали соляной кислотой (1:3), промывали дистиллированной водой, сушили при 90 °C в течение получаса и взвешивали на аналитических весах AW-220 («Shimadzu»).

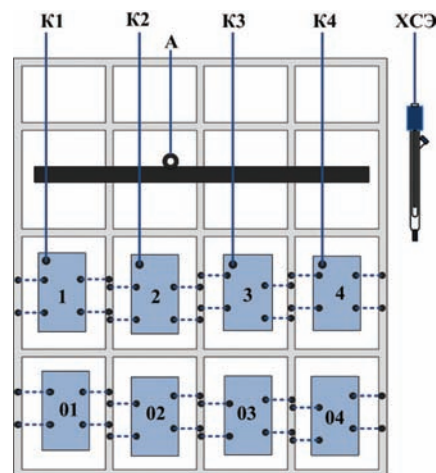


Рис. 3. Схема размещения нерастворимого анода, защищаемых и контрольных образцов на рамке

Катодный потенциал образцов при необходимости регистрировался логгером BDV01. В качестве электрода сравнения использовали хлорсеребряный электрод.

После эксперимента с образцов удаляли продукты коррозии по ГОСТ 9.907–83 (100 мл конц.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  + 5 г  $\text{CS}(\text{NH}_2)_2$  на 1 л воды), промывали, высушивали при 90 °C и взвешивали на аналитических весах для определения изменения массы образцов  $\Delta m_{\text{кор}}$ . По изменению массы оценивали толщины коррозионных потерь  $h$ , см, и скорости коррозии  $V_k$ :

$$h = \frac{\Delta m_{\text{кор}}}{S_p} \text{ и } V_k = \frac{h}{\Delta t}, \quad (1, 2)$$



Рис. 2. Общий вид установки катодной защиты в морской воде с питанием от солнечной панели в яхт-клубе МГУ им. адм. Г.И. Невельского



**Результаты испытаний защищенных и контрольных образцов, полученных на пилотной установке по катодной защите с использованием солнечной панели**

| № образца    | Масса, г        |                | Коррозионные потери $\Delta m_{кор}$ , г | Плотность тока защиты $i$ , мА/м <sup>2</sup> | Скорость коррозии $V_k$ , мм/год | Степень защиты, % |
|--------------|-----------------|----------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------|-------------------|
|              | начальная $m_0$ | конечная $m_1$ |                                          |                                               |                                  |                   |
| Защищаемого  |                 |                |                                          |                                               |                                  |                   |
| 1            | 49,6098         | 39,2565        | 10,3533                                  | 58                                            | 0,074                            | -7                |
| 2            | 50,1844         | 45,9802        | 4,2042                                   | 116                                           | 0,030                            | 56                |
| 3            | 49,8515         | 48,0540        | 1,7975                                   | 231                                           | 0,013                            | 81                |
| 4            | 47,4027         | 46,1031        | 1,2996                                   | 463                                           | 0,009                            | 86                |
| Контрольного |                 |                |                                          |                                               |                                  |                   |
| 01           | 50,1346         | 38,1603        | 11,9743                                  | -                                             | 0,086                            | -                 |
| 02           | 48,8481         | 40,0487        | 8,7994                                   | -                                             | 0,063                            | -                 |
| 03           | 50,8133         | 41,8365        | 8,9768                                   | -                                             | 0,064                            | -                 |
| 04           | 48,4251         | 39,5709        | 8,5542                                   | -                                             | 0,063                            | -                 |

где  $S$  – площадь образцов, см<sup>2</sup>;  $\rho$  – плотность металла (для стали  $\rho = 7,8$  г/см<sup>3</sup>);  $\Delta t$  – время экспозиции, лет.

Степень защиты образцов определяли по формуле

$$\eta = \frac{V_{с.к} - V_{зк}}{V_{с.к}} 100\%, \quad (3)$$

где  $V_{с.к}$  – средняя скорость коррозии четырех контрольных образцов,  $V_{зк}$  – скорость коррозии защищенных образцов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Установка в ходе испытаний проработала 817 дней (2,24 года). Результаты проведенных измерений и расчетные значения коррозионных потерь и скоростей коррозии представлены в табл. 2.

Как следует из табл. 2, наблюдаемая средняя скорость коррозии контрольных образцов без защиты составила 0,069 мм/год, а скорости коррозии защищаемых образцов в зависимости от тока защиты находились в интервале 0,009–0,074 мм/год. Значения коррозии образцов без защиты соответствовали пятилетним коррозионным испытаниям пяти судостроительных малолегированных сталей в подобных водах Амурского залива [15, 16]. Образцы, защищаемые токами 231 мА/м<sup>2</sup> и 463 мА/м<sup>2</sup>, имели наименьшие скорости коррозии: 0,013 мм/год и 0,009 мм/год соответственно, что свидетельствует об их защите до 86%.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что для обеспечения максимальной катодной защиты малолегированных сталей в морской воде при использовании солнечных панелей как единственного источника постоянного тока необходимы плотности катодного тока в диапазоне от 0,25 до 0,45 А/м<sup>2</sup>.

Результаты длительной работы катодной установки, питающейся только от солнечной батареи, позволяют судить о возможности катодной защиты металлов в морской воде без использования других источников постоянного тока, формируя в дневное время суток защитные покрытия из солевых катодных осадков.

Стоимость такой катодной защиты, нормированной на квадратный метр защищаемого металла, можно оценить только ориентировочно при включении следующих составляющих:

1) стоимости самих солнечных панелей (1 Вт солнечной панели стоит примерно 1–3 долл. на 1 м<sup>2</sup> защищаемой конструкции);

2) стоимости нерастворимых анодов (примерно 1 долл. на 1 м<sup>2</sup> защищаемого оборудования);

3) вспомогательного электрического оборудования: преобразователи DC/DC,

размыкатели, измерители тока и напряжения, электроды сравнения, провода и соединители (примерно 1–2 долл. на 1 м<sup>2</sup> защищаемого оборудования);

4) проектирование защиты, монтаж оборудования и его наладка (примерно 1–2 долл. на 1 м<sup>2</sup> защищаемого оборудования).

В итоге такая защита обойдется от 4 до 8 долл. США за 1 м<sup>2</sup> и гарантированно будет работать не менее 20 – 25 лет. Последнее следует из гарантии работы самих солнечных панелей их изготовителями.

Такая защита будет иметь особую экономичность для морских сооружений, находящихся в удалении от традиционных источников электроэнергии.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Hartt W. H. Cathodic Protection of Offshore Structures—History and Current Status // Corrosion. – 2012. – Vol. 68. – № 12. – P.1063–1075. – DOI: 10.5006/0718.
2. Чернов Б.Б., Ван Мын Ву, Нугманов А. М., Фирсова Л. Ю. Катодная защита свайного пирса с использованием солнечной панели // Морские интеллектуальные технологии. – 2018. – Т. 5. – № 4 (42). – С. 114–119.
3. URL: [https://www.solarhome.ru/basics/pv/pv\\_longevity.htm](https://www.solarhome.ru/basics/pv/pv_longevity.htm) / сайт фирмы «Ваш Солнечный Дом», 2019. (Дата обращения: 19.5.2019)
4. Чернов Б.Б., Ван Мын Ву, Нугманов А. М., Фирсова Л. Ю. Кристаллизация CaCO<sub>3</sub> на поверхности стали при катодной защите морских сооружений // Морские интеллектуальные технологии. – 2017. – Т. 2. – № 3(37). – С. 133–140.
5. Чернов Б.Б., Пустовских Т.Б. Кинетика образования минеральных осадков из морской воды на катодно поляризуемой металлической поверхности // Защита металлов. – 1989. – Т. 25. – С. 506.
6. Chernov B.B., Ponomarenko S.A. Physico-chemical modelling of metal corrosion in seawater // Protection of Metals. – 1991. Т. – 27. – № 5. – P. 612–615.
7. Ван Мын Ву, Нугманов А. М., Чернов Б. Б. К теории массовой кристаллизации труднорастворимых соединений на поверхности электродов катодным током в жесткой воде // Журнал физической химии. – 2019.

– Т. 93. – № 5. – С. 764–769. DOI: 10.1134/S0044453719050327.

8. Чернов Б.Б., Ван Мын Ву, Нугманов А. М., Фирсова Л. Ю. Формирование солевых отложений на стальной поверхности при катодной защите инженерных сооружений в морской воде // Морские интеллектуальные технологии. – 2018. – Т. 5. – № 4 (42). – С. 120–124.
9. Barchiche C, Deslouis C., Gil O., Joiret S., Re-fait Ph., Tribollet B. Role of sulphate ions on the formation of calcareous deposits on steel in artificial seawater: The formation of green rust compounds during cathodic protection // Electrochimica Acta. – 2009. – Vol. 54. – P. 3580–3588. – DOI: 10.1016/j.electacta.2009.01.023.
10. Neville A., Morizot A. P. Calcareous scales formed by cathodic protection – an assessment of characteristics and kinetics // Journal of Crystal Growth. – 2002. – № 243. – P. 490–502.
11. Li C, Min Du, Rongjie Gao. Influence of dissolved oxygen on the protectiveness and morphological characteristics of calcareous deposits with galvanostatic // Journal Ocean Univ. China. – 2017. – Vol. 16(2). – P. 243–248. – DOI: 10.1007/s11802-017-2933-4.
12. Zhang Y., Davee R. A. Influence of Mg<sup>2+</sup> on the kinetics of calcite precipitation and calcite crystal morphology // Chemical Geology. – 2000. – Vol. 163. – P. 129–138. – [https://doi.org/10.1016/S0009-2541\(99\)00097-2](https://doi.org/10.1016/S0009-2541(99)00097-2).
13. Eashwara M., Sathish Kumara P., Ravishankar R., Subramaniam G. Sunlight-enhanced calcareous deposition on cathodic stainless steel in natural seawater // Biofouling. – 2013. – Vol. 29(2). – P. 185–193. – <https://doi.org/10.1080/08927014.2012.755673>.
14. Moller H. The influence of Mg<sup>2+</sup> on the formation of calcareous deposits on a freely corroding low carbon steel in seawater // Corrosion Science. – 2007. – Vol. 49. – P. 1992–2001. – <https://doi.org/10.1016/j.corsci.2006.10.011>.
15. Chernov B. B., Chaves I.A., Nugmanov A. M., Melchers R. E. Corrosion performance of low alloy steels in sub-Arctic natural seawater // Corrosion. – 2018. – Vol. 74(12). – P. 1466–1475. – DOI: 10.5006/2951.
16. Нугманов А. М., Щетинина Г. П., Чернов Б. Б. Изучение начальных стадий процессов коррозии стали в различных районах амурского залива // Вестник МГУ им. адм. Г.И. Невельского: Сер. «Теория и практика защиты моря». – Владивосток. – 2012. – №. 55 – С. 30–35. ■

Использование соосных гребных винтов противоположного вращения (СГВ, coaxial contra-rotating propellers) в составе пропульсивных установок в последние два десятилетия является новым направлением совершенствования проектирования судов различного назначения. Как правило, это движительно-рулевые колонки (ДРК) с механической передачей мощности на СГВ, позволившие (в сравнении с классической компоновкой СГВ) существенно сократить длину самого сложного элемента конструкции – трансмиссии мощности на движители по сравнению с передачей ее путем размещения одного гребного вала в другом. Лидером в этой области является фирма Rolls-Royce, чьи ДРК типа Contaz установлены более чем на 150 судах [1]. Около десятка судов оснащены ДРК с СГВ финской фирмы Steerprop ([www.steerprop.com](http://www.steerprop.com)). Количество малых судов (длиной  $L < 24$  м) с ДРК шведской фирмы Volvo Penta более 100 ([www.volvopenta.com](http://www.volvopenta.com)).

Известно о применении на практике японских судостроителей классической компоновки СГВ, приводимых механической передачей мощности [2]. К современным разработкам, также выполненным в Японии, относятся пропульсивные установки классической компоновки типа IHI-CRP Electric Propulsion System (с электромеханической передачей мощности и с применением механического редуктора перед СГВ после гребного электродвигателя), которыми оборудованы 12 судов [3]. С полностью электрической передачей мощности на СГВ (классическая компоновка установки) известно одно судно – «Juanita» (Platform Supply Vessel) [4, 5].

Такой постоянно возрастающий интерес к созданию конструкций движителей на основе СГВ обусловлен известными данными об их гидродинамической эффективности, которые при соответствующих условиях превосходят одиночные гребные винты на 10–12% [6–8]. При этом они обладают лучшими кавитационными характеристиками, что актуально для судов со скоростями хода более 25 уз. Гидродинамическая эффективность СГВ привлекательна не только из-за возможности экономии топлива, но и удовлетворения требований по выбросу углекислого газа Международной морской организации (International Maritime Organization, IMO) [9, 10], как наиболее доступного способа выполнения предписанных норм и, что важно, без потери скорости хода.

Дальнейшее улучшение эксплуатационных характеристик пропульсивных установок с СГВ связано с заменой механической передачи мощности на электрическую трансмиссию. В этом случае

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОПУЛЬСИВНЫХ УСТАНОВОК С ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧЕЙ МОЩНОСТИ НА СООСНЫЕ ГРЕБНЫЕ ВИНТЫ

**А.Р. Тогуния**, 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

следует ожидать следующих положительных результатов:

- увеличится гидродинамическая эффективность СГВ на режимах, отличных от проектного режима, что особенно важно для многофункциональных движителей, работающих в широком диапазоне эксплуатационных нагрузок [11];
- повысится надежность движителей при значительных перегрузках по крутящему моменту, что снимет ограничения по ледопроходимости судов с СГВ и откроет перспективу их применения на судах ледового плавания;
- снизятся уровни шума и вибрации в судовых помещениях.

К изложенному следует добавить, что использование в качестве заднего гребного винта в составе СГВ винта изменяемого шага (ВИШ) может усилить перечисленные выше положительные результаты. Однако такое применение должно быть тщательно рассмотрено в ходе тематических научно-исследовательских работ.

Очевидно, что ДРК с электрической передачей мощности на СГВ являются альтернативой по отношению к ДРК с электрической передачей мощности на одиночный гребной винт (ГВ). При этом отечественная промышленность обладает всем необходимым для создания ДРК с электрической передачей мощности (в любом диапазоне ее значений) с элементами конструкций, обеспечивающими преимущество по сравнению с зарубежными аналогами.

Рассмотрим последовательно области возможного применения различных вариантов СГВ, приводимых во вращение электрической передачей мощности.

### СГВ С ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧЕЙ МОЩНОСТИ КАК АЛЬТЕРНАТИВА ЛОПАСТНЫХ СИСТЕМ СУЩЕСТВУЮЩИХ ДРК

Замена ДРК с одиночными ГВ и электрической передачей мощности на аналогичные ДРК, но с СГВ – перспективное направление создания лопаст-

ных движителей нового поколения. Известно о создании такой установки японскими судостроителями, разработавшими ДРК с передачей мощности на СГВ от двух электродвигателей (рис. 1). Работа была выполнена в 2004 г. под эгидой министерства земли, инфраструктуры и транспорта (Ministry of Land, Infrastructure and Transport) [12]. ДРК с СГВ предназначалась для инновационного судна «The Super Eco-Ship». Установка была изготовлена, прошла стендовые испытания, однако сведения об ее использовании на судне отсутствуют.

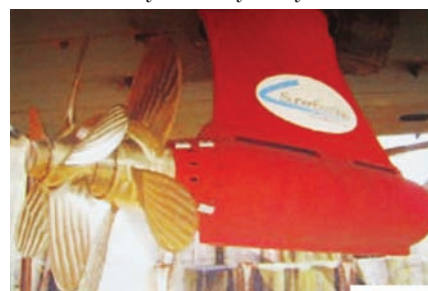


Рис. 1. ДРК для инновационного судна «The Super Eco-Ship» [12]

Большое число ДРК с одиночными ГВ и электрической передачей мощности (которые могут быть заменены ДРК с СГВ) были выпущены фирмой Rolls-Royce (тип Mermaid, рис. 2, диапазон мощностей 5 – 27 МВт, [13]) и фирмой ABB (тип Azipod VI, рис. 3, диапазон мощностей 3–21 МВт, [14]) – табл. 1.

Установки типа Azipod широко используются на судах отечественной постройки и судах, плавающих под российским флагом, преимущественно судах обеспечения, танкерах и ледоколах (табл. 2). Целесообразность выбора в пользу ДРК с СГВ в данном случае будет определяться сопоставлением гидродинамической эффективности движителей. Экономии мощности в 10–12% следует ожидать, если дисковое отношение заменяемого одиночного ГВ  $A_E/A_0$  составляет не менее 0,8–1,0. Именно с такими ГВ, как правило, выпускаются ДРК фирм Rolls-Royce (см. рис. 2) и ABB (см. рис. 3).



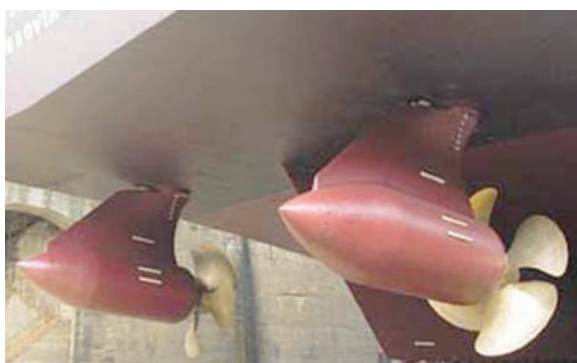


Рис. 2. ДРК фирмы Rolls-Royce, тип Mermaid,  $A_E/A_0 \approx 0,8-1,0$



Рис. 3. ДРК фирмы ABB, тип Azipod VI,  $A_E/A_0 \approx 0,8-1,0$

Таблица 1

**Возможное замещение известных конструкций ДРК на ДРК с электрической передачей мощности на СГВ**

| Применяемый ДРК (диапазон мощностей, кВт, тип передачи мощности)                 | Типы судов, на которых применяется ДРК                                                          | Предлагаемая конфигурация ДРК с электрической передачей мощности на СГВ | Преимущества ДРК с электрической передачей мощности на СГВ                                                                                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ДРК с СГВ, Rolls-Royce, «Aquamaster» (Contaz), 1800–5200, механическая           | Пассажирские и автомобильные паромы; суда обеспечения; научно-исследовательские суда.           | Гондола-ГВ-ГВ (толкающие СГВ); ГВ-ГВ-гондола (тянущие СГВ)              | Повышение гидродинамической эффективности в широком диапазоне эксплуатационных нагрузок. Исключение ограничений по перегрузкам по крутящему моменту.                                                       |
| ДРК с СГВ, Steerprop, 800–25 000, механическая                                   | Пассажирские и автомобильные паромы; суда обеспечения; научно-исследовательские суда; ледоколы. | ГВ-ГВ-гондола; ГВ-гондола-ГВ (для судов ледового плавания)              | Повышение гидродинамической эффективности в широком диапазоне эксплуатационных нагрузок. Исключение ограничений по перегрузкам по крутящему моменту. Снижение уровня шума и вибрации в судовых помещениях. |
| ДРК с одиночным ГВ, ABB (Azipod VI), 3000–21 000, электрическая (см. табл. 2.)   | Суда обеспечения; танкеры; контейнеровозы; ледоколы, пассажирские суда (Oasis of the Seas)      | ГВ-ГВ-гондола; ГВ-гондола-ГВ (для судов ледового плавания)              | Повышение гидродинамической эффективности во всем диапазоне эксплуатационных нагрузок. Исключение кавитации ГВ. Снижение уровня шума и вибрации в судовых помещениях.                                      |
| ДРК с одиночным ГВ, Rolls-Royce (Mermaid), 5000–27 000, электрическая            | Суда обеспечения; танкеры; круизные суда; пассажирские и автомобильные паромы.                  | ГВ-ГВ-гондола; ГВ-гондола-ГВ (для судов ледового плавания)              | Повышение гидродинамической эффективности во всем диапазоне эксплуатационных нагрузок. Исключение кавитации ГВ. Снижение уровня шума и вибрации в судовых помещениях.                                      |
| ДРК с одиночным ГВ в насадке, Rolls-Royce (Pushtype), 4000–11 000, электрическая | Суда обеспечения; буксиры.                                                                      | ДРК с СГВ в насадке                                                     | Повышение гидродинамической эффективности во всем диапазоне эксплуатационных нагрузок.                                                                                                                     |

Таблица 2

**Применение ДРК с электрической и электромеханической передачей мощности на ГВ на судах ледового плавания российских компаний**

| Тип судна, количество sister ship                     | Длина $L_{ок}$ , м | Дедвейт, т           | Ледовый класс | Двигатель, мощность, кВт                   | Скорость $V_s$ , уз/Гр |
|-------------------------------------------------------|--------------------|----------------------|---------------|--------------------------------------------|------------------------|
| Контейнеровоз «Норильский никель»                     | 169                | 14 500               | Arc7          | Azipod, 13 000                             | 15,5/0,20              |
| Танкер «Василий Динков», 2                            | 257                | 70 000               | Arc6          | Azipod, 2×10 000                           | 15,7/0,16              |
| Танкер «Михаил Ульянов», 1                            | 257                | 70 000               | Arc6          | Azipod, 2×8 500                            | 16/0,17                |
| Газовоз «Кристоф де Маржери»                          | 299                | 82 000               | Arc7          | Azipod, 3×15 000                           | 19,5/0,19              |
| Танкер «Штурман Альбанов», 6                          | 245                | 38 000               | Arc7          | Azipod, 2×11 000                           | 14,0/0,15              |
| Танкер «Борис Соколов», 1                             | 214                | 43 400               | Arc7          | Azipod, 2×11 000                           | 13,0/0,15              |
| Ледокольное судно обеспечения «Александр Санников», 1 | 121                | 3400                 | Icebreaker8   | Azipod, 2×7500 (кормовые) 1×6500 (носовой) | 16,0/0,24              |
| Портовый ледокол «Обь»                                | 89,5               | 2000                 | Icebreaker7   | Azipod, 2×3000(кормовые), 2×3000(носовые)  | 15/0,26                |
| Ледокольное судно обеспечения «Федор Ушаков», 3       | 99,9               | 3824                 | Icebreaker6   | Azipod, 2×6500                             | 16/0,26                |
| Ледокол «Илья Муромец»                                | 85                 | Водоизмещение 6000 т | Icebreaker6   | «Steerprop» (Финляндия), 2×3500            | 15/0,27                |

Естественное направление использования СГВ с электрической передачей мощности – замещение ими ДРК с СГВ с механической передачей мощности на новых судах-аналогах (см. табл. 1).

При замещении колонок «Steerprop» с электромеханической передачей мощ-

ности на СГВ (располагаемых по оконечностям гондолы) предполагается, что конструкции ДРК с чисто электрической передачей мощности на СГВ будут успешно работать на судах ледового плавания. Например, в настоящее время отсутствуют проблемы создания отечественного

аналога иностранных ДРК для ледокола «Илья Муромец» с колонками «Steerprop» 2×3500 кВт, при этом существуют решения по достижению улучшенных эксплуатационных качеств. К ним относятся и возможность уменьшения габаритов гондолы ДРК и стойки ее крепления.

История развития ДРК с размещением электродвигателя в гондole насчитывает более 20 лет, и эти движители постоянно совершенствуются [16]. Одним из направлений совершенствования движителей этого типа является минимизация габаритных размеров гондолы при сохранении передаваемой мощности. Примером такого ДРК служит конструкция компактного Azipod CO фирмы ABB с диапазоном мощности 1,30–4,5 МВт [17] (рис. 4). Для ДРК этого типа мощностью более 2600 кВт в гондole устанавливаются два двигателя [18].

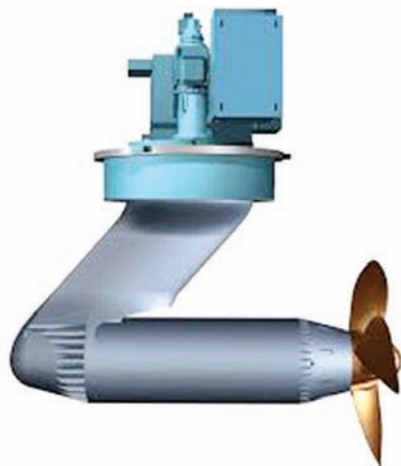


Рис. 4. ДРК Azipod CO

Серия ДРК Azipod VI в последние годы была усовершенствована, в результате чего появилось новое поколение ДРК Azipod XO, выпускаемое в диапазоне мощностей 4,5–25 МВт [16, 19]. В частности, для повышения гидродинамической эффективности ДРК путем снижения потерь, обусловленных закруткой потока за одиночным ГВ, на нижней части гондолы установлено вертикальное крыло (low fin), а на конце гондолы – крестовина крыльев (X-tail) [16] (рис. 5). Кроме того, были оптимизированы формы стойки гондолы (пилона) и корпуса гондолы. В результате модификации ДРК удалось уменьшить диаметр гондолы и диаметр ступицы ГВ.



Рис. 5. ДРК Azipod XO

Фирма Rolls-Royce с участием норвежской фирмы Kongsberg Maritime также разработали ДРК с минимизированными размерами гондол (рис. 6).

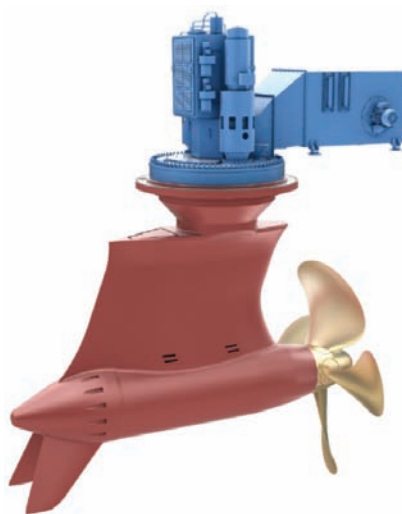


Рис. 6. ДРК фирмы Rolls-Royce с хорошо обтекаемой гондолой (with Elegance pod)

Диапазон мощностей для этой модификации 1,5–7 МВт [20, 21]. Rolls-Royce выполнил работу по усовершенствованию электродвигателей, что позволило их разместить в гондole меньших размеров. Форма гондолы была выбрана из условия минимизации ее сопротивления. Двойные крылья (twin tail), установленные в конце гондолы (см. рис. 6), как и в конструктивном решении ABB при установке крестовины (см. рис. 5), снижают отрицательное влияние закрутки потока за одиночным ГВ на пропульсию и, кроме того, уменьшают кавитационный шум и вибрацию по мнению специалистов фирмы [20].

Установка крыльев на гондолах движителей, т.е. применение лопастной системы типа ГВ плюс неподвижные крылья за ним (см. рис. 5 и рис. 6) обеспечила повышение гидродинамической эффективности ДРК около 2,5–3,0% [16]. Дальнейшее повышение гидродинамической эффективности ДРК может быть достигнуто только за счет применения более совершенной лопастной системы, т.е. за счет использования СГВ.

Применение СГВ целесообразно распространить и на ДРК с насадками. Такой вариант в составе толкающей ДРК при условии сохранения габаритных размеров гондолы аналога может успешно конкурировать с поворотной колонкой с направляющей насадкой фирмы Rolls-Royce (рис. 7), выпускаемой в диапазоне мощностей 4–12 МВт [13]. Экономия мощности от применения СГВ в этом случае также можно оценить в 10–12%.

Кроме указанных преимуществ, предлагаемые технические решения



Рис. 7. Толкающая поворотная колонка с направляющей насадкой PUSH-type фирмы Rolls-Royce

позволяют повысить надежность пропульсивной установки. Так, автономное управления электродвигателями СГВ обеспечивает дублирование элементов ДРК. В случае поломки одного из ГВ или выхода из строя его электродвигателя исправная пара ГВ–электродвигатель исключают состояние «судно без хода». Правда, в варианте использования би-ротативного электродвигателя дублирование будет затруднено.

Все рассмотренные примеры замещения ДРК известных конструкций на ДРК с электрической передачей мощности на СГВ имеют инновационное решение. Пропульсивные установки с ДРК с электрической передачей мощности на СГВ до настоящего времени не применялись.

К перспективным проектам транспортных судов, на которых целесообразна установка ДРК с СГВ с электрической передачей мощности, относятся и суда типа мелкосидящего танкера «Карск» [22] (табл. 3). Разработка концептуального проекта танкера была выполнена ЦМКБ «Алмаз» в рамках федеральной целевой программы «Развитие гражданской морской техники на 2009–2016 годы».

Информация, представленная в табл. 1–3, дает наглядное представление о судах, на которых целесообразно использовать ДРК, оснащенные СГВ с электрической передачей мощности. При этом в перспективе (в случае реализации предложенного направления работ) будет выполнено замещение импортных ДРК движителями отечественного производства более высокого технического уровня.

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СГВ С ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧЕЙ МОЩНОСТИ В СОСТАВЕ ПРОПУЛЬСИВНЫХ УСТАНОВОК КЛАССИЧЕСКОЙ КОМПОНОВКИ

Применение пропульсивных установок классической компоновки с элект-

Таблица 3  
Проект танкера с ограниченной осадкой для работы в Карском море

| Тип судна                                                                  | Длина $L_{ог}$ , м | Дедвейт, т | Ледовый класс | Двигатель, мощность, кВт | Скорость $V_z$ , уз/ Fr |
|----------------------------------------------------------------------------|--------------------|------------|---------------|--------------------------|-------------------------|
| Танкер «Карск» (уменьшенный вариант танкера «Василий Динков», см. табл. 2) | ≈ 240              | ≈ 40 000   | Arc7          | Azipod, 2x13 000         | ≈ 16,0/<br>≈ 0,17       |



рической передачей мощности [4, 5], с электромеханической [3] и механической [2] на СГВ известно. Таким образом, можно заключить, что область применения пропульсивных установок с классической компоновкой с электрической передачей мощности на СГВ уже определена практикой их использования на транспортных судах различного назначения [2, 3] и судах обеспечения [4, 5].

Инновационным направлением применения этого вида пропульсивной установки является ее использование с СГВ в направляющей насадке на рыболовных судах, например, на больших морозильных рыболовных траулерах и буксирах. Полезный эффект заключается в экономии мощности на полном ходу (6–8%, у рыболовных судов, оборудованных, как правило, гребным винтом с дисковым отношением  $A_E/A_0 < 0,8$ ) и увеличении тяги на режиме траления на 10–12% (или экономии мощности на эту же величину).

Выбор рациональной системы передачи мощности на СГВ *остается в центре внимания судостроителей* не одно десятилетие [6]. Применение электрической передачи мощности на СГВ позволяет реализовать их гидродинамические преимущества на быстроходных транспортных судах (в частности контейнеровозах) с классической компоновкой пропульсивной установки. Детальные модельные гидродинамические исследования этого типа судов показали, что применение СГВ сохраняет экономичную одновальную пропульсивную установку до мощностей главного двигателя 65–75 МВт [8]. Было установлено, что замена обычных ГВ двухвального быстроходного судна на СГВ, расположенных в диаметральной плоскости, обеспечит снижение потребляемой мощности при заданной скорости хода на 15–20% [8]\*. Данное улучшение пропульсивных характеристик складывается из двух факторов: высокой гидродинамической эффективности СГВ и благоприятного взаимодействия двигателя и корпуса судна при одновальной конфигурации корпуса. Практика применения японскими судостроителями пропульсивных установок с механической передачей мощности на СГВ на крупнотоннажных транспортных судах подтверждает эти результаты [2]. О положительном влиянии перехода от обводов корпусов, характерных для двухвальных установок, к одновальным свидетельствует и применение гибридных двигателей с СГВ на японских пароме-

«Hamanasu» и «Akashia» [23, 24]. Таким образом, применение пропульсивных установок с электрической передачей мощности на СГВ и с размещением в корпусе одновального судна – перспективное альтернативное решение по отношению к двухвальным установкам быстроходных транспортных судов.

Дополнительной областью применения пропульсивных установок с электрической передачей мощности на СГВ могут быть мелкоосидные суда, примером которых является танкер «Карск» (см. табл. 3). Потери в гидродинамической эффективности двигателей для судов с малой осадкой вследствие ограничения их диаметра будут компенсированы применением двух винтов, т.е. СГВ (при сохранении одновальной конфигурации корпуса).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Тенденции развития мировой и отечественной электротехники позволяют прогнозировать создание в ближайшее время эффективных и надежных электродвигателей для передачи мощности на СГВ, что обеспечит переход от единичного использования соответствующих пропульсивных установок [4, 5] к их широкому внедрению. Неоспоримое преимущество СГВ по гидродинамической эффективности по сравнению с иными лопастными двигателями – залог их широкого применения в будущем, а сочетание СГВ с электрической передачей мощности позволит создать новое поколение двигателей с высокими эксплуатационными качествами. Положительный эффект может быть усилен за счет применения нетрадиционных решений, например, за счет использования ВИШ. Вместе с тем следует отметить, что успех в создании и внедрении ДВК с СГВ во многом будет зависеть от надежного финансирования проводимых в этом направлении работ.

Обзор перспективного применения пропульсивных установок с электрической передачей мощности на СГВ, выполненный на основе принципа замещения ими лопастных систем известных конструкций двигателей, показал, что использование таких пропульсивных установок целесообразно на транспортных судах различных назначений (контейнеровозах, танкерах, газовозах), рыболовных судах, судах обеспечения, а также пассажирских судах.

## ЛИТЕРАТУРА

1. In-depth. – Issue №2. – Spring, 2001. (Rolls-Royce).
2. Kontrarotirajući vijci za velike kontejnerske brodove // Brodogradnja. – 2001. – №3 (49). – P.349.
3. Yamada Hideki, Miyabe Hiroaki, Saeki Ai-ichiro. Energy Saving Technology of the Die-

sel-Electric Propulsion System for Japanese Coastal Vessels // IHI Engineering Review. – 2011. – Vol.44. – № 1.

4. <http://www.ship-technology.com/projects/mv-januta-platform-supply-vessel/>
5. <http://scanapropulsion.com/products/contra-rotating-propulsion/>
6. Турбал В.К. Применение двигателей новых типов на морских транспортных судах. Проблемы прикладной гидромеханики судна. – Л.: Судостроение, 1975.
7. Капранцев 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).
8. Воеводская Е.Н., Турбал В.К. Перспективы повышения ходовых качеств быстроходных транспортных судов // Вопросы судостроения. – Сер.: Проектирование судов. – 1977. – Вып. 15. – ЦНИИ «Румб».
9. Train the Trainer (TTT) Course on Energy Efficient Ship Operation. Module 2: Ship Energy Efficiency Regulation and Related Guidelines. IMO, London, January 2016.
10. Пустошный А.В. Проблемы ходкости транспортных судов. – СПб.: ФГУП «Крыловский государственный научный центр», 2016.
11. Тозуница А.Р., Вишневский Л.И. Гидродинамические аспекты работы гребных винтов противоположного вращения с электрической передачей мощности // Морской вестник. – 2018. – №3(67). – С.83–86.
12. The Super Eco-Ship // Class NK Magazine. 57<sup>th</sup> Ed., 2005.
13. Propulsion. Moving your business in the right direction. Rolls-Royce Commercial Marine, 2014.
14. Azipod® VI Series Product Introduction. 2010. – [www.library.e.abb.com](http://www.library.e.abb.com).
15. Штрек А.А. Опыт компании Aker Arctic по созданию современных судов для Арктики. Тенденции развития арктического судостроения. – Международный форум «Судостроение в Арктике», Архангельск, 14–15 июня 2018 г.
16. Jukka Varis. Improvements in Azipod® design. – [www.library.e.abb.com](http://www.library.e.abb.com).
17. Azipod® CO Product Introduction. 2010. – [www.library.e.abb.com](http://www.library.e.abb.com).
18. Руководство по проектированию компактных пропульсивных комплексов «Азипод». – ABB Industry Oy, Marine Group, 2000.
19. Azipod XO. The new generation Azipod takes podded propulsion to a new level, 2010. – [www.pdf.nauticepo.com](http://www.pdf.nauticepo.com).
20. Rolls-Royce Unveils New Podded Propulsion Range. – 2018, September 4. – [www.marinelink.com/news/rollsroyce-unveils-new-podded-propulsion](http://www.marinelink.com/news/rollsroyce-unveils-new-podded-propulsion).
21. Elegance Pod System, 2019. – [www.kongsberg.com/maritime/products](http://www.kongsberg.com/maritime/products).
22. Шляхтенко А.В. Перспективный танкер ледового класса // Журнал ОСК. – 2018. – №2(35).
23. Levander O. New Concepts in Ferry Propulsion // Scandinavian Shipping Gazette. – 2007. – September 28.
24. Ueda N., Oshima A., Unseki T., Fujita S., Take-da S., Kitamura T. The First Hybrid CRP-POD Driven Fast ROPAX Ferry in the World, Mitsubishi Heavy Industries Ltd // Technical Review. – 2004. – Vol. 41. – №6. ■

\* Исследовалось, в частности, судно-контейнеровоз со следующими характеристиками: водоизмещение  $V = 30\,640\text{ м}^3$ , мощность главного двигателя  $P_s = 36\,000\text{ кВт}$ , скорость  $v_s = 26,8\text{ уз}$ , число Фруда  $Fr = 0,31$ , дисковое отношение  $A_E/A_0 = 1,0$  (для СГВ суммарное).

**17** февраля 2020 г. исполнилось 70 лет Александру Алексеевичу Копаневу – генеральному директору Научно-производственной фирмы «Меридиан», доктору технических наук, профессору, академику Международной академии информатизации.

А.А. Копанев начал свою работу в НПФ «Меридиан» (тогда ЦКБ «Меридиан») в 1973 г. после окончания Ленинградского электротехнического института им. В.И.Ульянова (Ленина) по специальности «Полупроводниковые приборы» с присвоением квалификации инженера электронной техники.

С 1973 до 1988 г. он прошел путь от рядового инженера до заместителя генерального директора по научной работе – главного инженера НПО «Меридиан». В это время А.А.Копанев принимал участие в разработках целого ряда изделий, внедрении в них новейшей элементной базы, в проведении многих научно-исследовательских работ. При этом его отличали глубокие теоретические знания и большая самостоятельность при решении сложных технических задач, возникших при разработке новой техники. Хорошие организаторские качества позволили ему внедрить САПР и АРМ, а также микропроцессорную технику в разработки предприятия.

Полученный опыт позволил ему активно заниматься рационализаторской и изобретательской работой, написать целый ряд научных статей, получить большое количество авторских свидетельств на изобретения.

В 1991 г. Александру Алексеевичу присуждена ученая степень кандидата технических наук. Его труд за этот период отмечен многими благодарностями, почетными грамотами, приказами по предприятию. Он активно занимался общественной работой и спортом, имеет звание кандидата в мастера спорта по волейболу.

В 1992 г. А.А.Копанев был назначен генеральным директором НПО «Меридиан» – начальником ЦКБ, сегодня он – генеральный директор Научно-производственной фирмы «Меридиан».

В 1998 г. Александр Алексеевич успешно защитил докторскую диссертацию, получил ученую степень доктора технических наук. Имеет более 70 научных трудов.

За последние пять лет Александр Алексеевич внес большой вклад в совершенствование технического уровня выпускаемой фирмой «Меридиан» продукции. При непосредственном

## А.А. КОПАНЕВУ – 70 ЛЕТ

АО «НПФ «Меридиан»,  
контакт. тел. (812) 602 0352



участии и под его руководством на предприятии создано новое уникальное поколение информационно-управляющих систем – модернизированная боевая информационно-управляющая система «Требование-М», устанавливаемая на кораблях как отечественного, так и зарубежных флотов. В настоящее время на всех надводных кораблях ВМФ устанавливается система совместного применения специальных средств типа «Блокировка». Созданы перспективные системы пожарной автоматик: автоматического включения средств противопожарной защиты «АПЗ-028», температурно-тревожной сигнализации «СТС-М». Разработаны принципиально новые типы датчиков-извещателей для системы пожарной сигнализации «Касатка», новый комплекс приборов и оборудования для систем компенсации магнитного поля надводных кораблей «АМК-51».

Самое активное участие Александр Алексеевич принял в разработке и создании нескольких поколений интегрированных секций пультов судового управления. Последние разработки таких секций установлены на атомном теплоходе «Россия» и судах проекта «Комета-120М».

А.А. Копанев – главный конструктор тренажерного комплекса «Молния», в котором реализованы процессы управления главным двигателем корабля.

На выставках «Международный военно-морской салон» и «Нева» НПФ «Меридиан» неоднократно награждалась дипломами «За лучшую экс-

позицию». В 2008 г. предприятие награждено в области ОПК и силовых структур премией «Золотая Звезда»; на специализированной выставке «Охранная и пожарная безопасность» дипломом «Лидер продаж», а на выставке «Пожарная безопасность XXI века» дипломом за разработку адресной системы «Сирена-МК», как участник конкурса на соискание премии «За достижения в сфере экспорта продукции» дипломом Правительства Санкт-Петербурга.

Вследствие высокой востребованности продукции предприятия как у иностранных заказчиков, так и внутри страны объем заказов ежегодно растет в среднем на 20%.

Под руководством А.А. Копанева НПФ «Меридиан» постоянно оказывает благотворительную и спонсорскую помощь детским и молодежным организациям, благотворительным фондам, в том числе Дому-интернату для детей с отклонениями в умственном развитии №4, г. Павловск, ФГБУ «МДЦ «Артек» и др.

За большой личный вклад в оснащение кораблей современными системами А.А. Копанев был награжден, в том числе Почетной грамотой Росийского агентства по судостроению, орденом «За верность долгу» Фонда президентских программ «Кремль», государственными юбилейными медалями. За внесение значительного вклада в развитие отрасли ему присвоено звание «Почетный судостроитель». За заслуги в развитии судостроительной отрасли, выразившейся в создании ряда новой современной техники, в 2011 г. Александр Алексеевич Копанев награжден медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» 2-й степени.

*Коллектив АО «НПФ «Меридиан» поздравляет Александра Алексеевича с юбилеем и желает ему крепкого здоровья, счастья, семейного благополучия, осуществления намеченных планов и успехов в любых делах и начинаниях!*

*Редакционный совет и редколлегия журнала «Морской вестник» присоединяются к этим поздравлениям и желают юбиляру здоровья, благополучия и дальнейших успехов на благо отечественного судостроения. ■*



В системах совместного безопасного применения собственного оружия надводных кораблей (ССПО), разработанных и поставляемых АО «НПФ «Меридиан», в цифровых приборах-датчиках угла поворота с использованием стопроцентной отечественной элементной базы применяются малогабаритные кинематические цилиндрические зубчатые передачи. Исследования показали [1], что повышения точности измерения угла поворота судового оборудования можно достичь за счет конструктивных изменений зубчатого зацепления с использованием новых полимерных композиционных материалов (ПКМ). Существующие методики проектирования и расчета зубчатых передач из ПКМ достаточно сложны для применения в практике, так как необходима соответствующая квалификация проектировщика, чтобы учесть ряд особенностей и требований для современных передач при их эксплуатации.

Следует отметить, что зубчатые передачи в приборостроении обычно используют не как силовые для передачи значительных моментов сил, а как кинематические для получения требуемых преобразований вращения [2].

Предлагаемая методика включает следующие основные этапы проектирования и расчета.

**Этап 1.** Подготовка и анализ исходных данных. На этом этапе, как правило, задано число оборотов входного вала  $n_1$ , об/мин, и требуемое число оборотов выходного –  $n_2$ , об/мин, т. е. требуемое передаточное отношение  $i$  известно, а также известна величина крутящего момента  $M_{кр}$ , Н·м [3]. Определяется предпочтительный размер межосевого расстояния в некотором диапазоне  $a_w = a_{w1} \dots a_{wn}$ , мм, в отведенном месте в приборе под редуктор. Из практики известно, что наибольшая кинематическая точность может быть достигнута применением цилиндрических зубчатых колес [4]. На рис. 1 показана простейшая компоновочная схема одноступенчатой цилиндрической зубчатой передачи (редуктора).

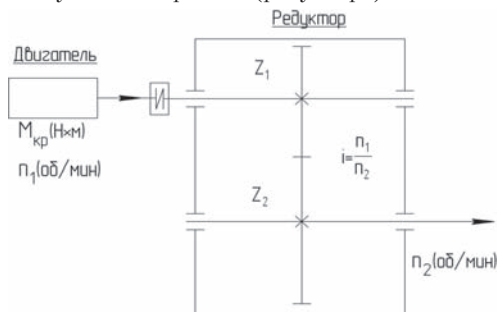


Рис. 1. Кинематическая схема одноступенчатого редуктора

**Этап 2.** Определение и расчет основных геометрических параметров цилиндрической зубчатой передачи. Из опыта конструирования зубчатых механизмов известно, что диапазон выбора числа зубьев ограничивается в первую очередь предельным минимальным значением числа зубьев шестерни  $z_1 \geq 17$ .

Формула для расчета модуля  $m$ , мм, для заданных исходных данных имеет вид

$$m = \frac{2a_w}{z_1 + z_2}, \text{ так как } a_w = \frac{z_1 + z_2}{2} \times m.$$

Значения модулей регламентированы стандартом: ГОСТ 9563–60. «Основные нормы взаимозаменяемости. Колеса зубчатые. Модули». Варьируя число зубьев шестерни  $z_1$  (17, 18...) и межосевое расстояние  $a_w$ , определяем модуль  $m$ , мм, стандартного ряда, так как известно передаточное отношение передачи.

## МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ ИЗ КОНСТРУКЦИОННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

**В.А. Зинков**, инженер-конструктор 1-й категории АО «НПФ «Меридиан»,  
**В.М. Медунецкий**, д-р техн. наук, проф. Университета ИТМО,  
контакт. тел. (812) 602 0368

При этом следует учитывать, что чем больше зубьев у шестерни, тем плавней ход зубчатой передачи, но при этом будет ослаблена выносливость зубьев при изгибе.

Применение малых модулей позволяет уменьшить габариты зубчатых колес и увеличить плавность передачи при сохранении габаритов редуктора за счет увеличения числа зубьев [2].

Далее следует расчет геометрических параметров зубчатой передачи.

Число зубьев колеса:  $z_2 = i_{21} \times z_1$ .

Диаметры делительных окружностей, мм:  $d_1 = m \times z_1$ ;  $d_2 = m \times z_2$ .

Диаметры вершин зубьев, мм:  $d_{a1} = d_1 + 2m$ ;  $d_{a2} = d_2 + 2m$ .

Диаметры впадин зубьев, мм:  $d_{f1} = d_1 - 2,5m$ ;  $d_{f2} = d_2 - 2,5m$  [5].

Толщина венца зависит от многих параметров, наиболее важными из которых являются модуль зубчатого колеса и диаметр его вершин. Первоначальную (исходную) толщину зубчатых венцов следует назначить по формуле, мм:

$$B_b = \frac{1}{2}(m\sqrt{d_a} + 2) - h,$$

где  $m$  – модуль зубчатого колеса, мм;  $d_a$  – наружный диаметр колеса, мм;  $h = 2,35 \times m$  – высота зуба, мм [6].

**Этап 3.** Выбор композиционного материала. Рекомендуются расчеты. На этом этапе выбирается и оценивается конструкционный полимерный материал по критерию изгибной прочности зубьев колес. Следует учесть, что для увеличения прочности зубьев имеется возможность варьирования шириной зубчатого венца колес при выбранном конкретном композиционном полимерном материале.

Материал выбирают с учетом крутящего момента  $M_{кр}$  и ширины зубчатого венца и оценивают по следующим формулам (критерии выбора).

Напряжение изгиба, действующего на зубья неметаллического зубчатого колеса,

$$\sigma = \frac{2M_{кр} \times K}{B_b \times d \times m \times y \times \vartheta_u} \leq [\sigma],$$

где  $M_{кр}$  – крутящий момент,  $B_b$  – ширина зубчатого колеса,  $d$  – делительный диаметр,  $m$  – модуль,  $K$  – коэффициент нагрузки,  $y$  – коэффициент формы зуба,  $\vartheta_u$  – коэффициент отношения нагрузок. Значения коэффициентов приведены в работе [7].

Напряжение в поверхностном слое зуба (контактная выносливость)

$$\sigma_H = \frac{310}{a_w} \sqrt{\frac{M_{кр} \times K_H \times (i+1)^3}{B_b \times i^2}} \leq \sigma_{HP},$$

где  $a_w$  – межосевое расстояние;  $M_{кр}$  – крутящий момент;  $i$  – передаточное число;  $B_b$  – ширина зубчатого колеса. Коэффициент  $K_H = K_{Ha} K_{H\beta} K_{H\gamma}$ , где  $K_{Ha}$  – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки между зубьями;  $K_{H\beta}$  – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по ширине венца;  $K_{H\gamma}$  – динамический коэффициент, зависящий от окружной скорости колес. Значения коэффициентов представлены в работе [8].

Из приведенных формул видно, что, увеличивая ширину зубчатого венца и не меняя модуль зацепления, можно снизить напряжения изгиба до допустимых значений или изменить (выбрать) материал.

Следует отметить, что в приборостроении для изготовления зубчатых колес всех видов широко используют термоактивные или термопластичные неметаллические материалы. Термоактивные материалы при нагреве необратимо переходят в твердое неплавкое состояние. Термопластичные материалы при нагреве переходят в вязкотягучее состояние, причем этот процесс обратим. К ним относятся конструкционные полиамиды, полиуретаны, поликарбонаты и т. д. [9].

Целесообразно выбирать материал отдельно для колеса и шестерни, учитывая следующее:

- а) шестерня, имеющая большую частоту вращения, выполняется, как правило, из более твердого материала, чем колесо (на 10...30 ед. HB);
- б) шестерню и колесо выполняют из одного материала – при его высокой твердости (HB > 350) или при неограниченном сроке службы передачи;
- в) выбор материалов очень высокой твердости может привести к сложности при компоновке колес, валов и подшипников [10].

В целях оптимального выбора полимерных материалов для изготовления зубчатых передач необходимо назначить основные требования к ним. Указанные материалы должны обеспечивать высокую механическую прочность (статическую и усталостную), износостойкость и технологическую точность размеров деталей, стабильный и низкий коэффициент трения, теплоустойчивость и теплопроводность, химическую стойкость, надежность и долговечность сопряжения. Допускаемая температура эксплуатации полимерных материалов не должна превышать 80°С. Среди свойств современных полимерных материалов особый интерес представляют релаксация и старение [11].

В этой же работе также рекомендуется для оптимизации зубчатой передачи руководствоваться следующим: работоспособность полимерных композиционных зубчатых передач во многом зависит как от дополнительного бокового зазора, позволяющего компенсировать их высокое термическое расширение, погрешности при изготовлении, так и от прогиба колес при работе. Поэтому такие показатели, как водо- и влагопоглощение, коэффициент линейного термического расширения, во многом определяют возможность применения полимерных композиционных материалов в конкретных узлах приборов.

В работе [6] указано, что длительность нагружения отдельного зуба определяется частотой вращения. Большие окружные скорости способствуют значительному нагреву. При невысоких нагрузках и больших окружных скоростях следует ожидать повышенного уровня шума и вибраций. В этом случае необходимо использовать материалы с высокой демпфирующей способностью. Материалы с высокой ударной вязкостью применяются в передачах, характеризующихся ударными нагрузками.

Зубчатые колеса из полиамидов рекомендуется применять в закрытых передачах в условиях незначительного колебания влажности. Полиформальдегид применяют для работы в условиях высоких циклических и ударных нагрузок, в химически активных и влажных средах. Зубчатые колеса из поликарбоната выдерживают значительные перегрузки, удары и длительную статическую нагрузку в условиях повышенной влажности. Фторопласты применяют для работы в агрессивных средах. Базовым материалом, часто используемым для изготовления мелкозубчатых колес, является полиацеталь [6].

К зубчатым передачам, работающим с реверсированием вращения, дополнительно предъявляется требование уменьшения мертвого хода. Уменьшение времени реверсирования связано с минимизацией моментов инерции зубчатых колес, т. е. облегчением конструкции колес [4].

**Этап 4.** Назначение параметров звеньев зубчатой передачи для улучшения ее качественно-количественных характеристик. В качестве одного из вариантов улучшения кинематической точности редуктора можно предложить использовать зубчатые колеса с так называемыми конусно-клиновыми венцами. Как указано в работе [1], особенностью конусно-клиновых зубчатых венцов является плавное изменение значения толщины зуба по линейному закону для каждого осевого сечения зубчатого колеса. При этом эволютивный профиль остается одинаковым по всей ширине зубьев в осевом сечении. Например, изменение толщины зуба по его ширине (между двумя торцевыми плоскостями) составляет 0,2–0,25т. Это позволяет регулировать зазор в зоне зубчатого зацепления путем взаимного осевого смещения сопрягаемых вращающихся деталей, что позволяет при определенных условиях выбрать его оптимальную величину.

Перечисленные этапы данной методики последовательно представлены в общем и кратком виде на рис. 2.

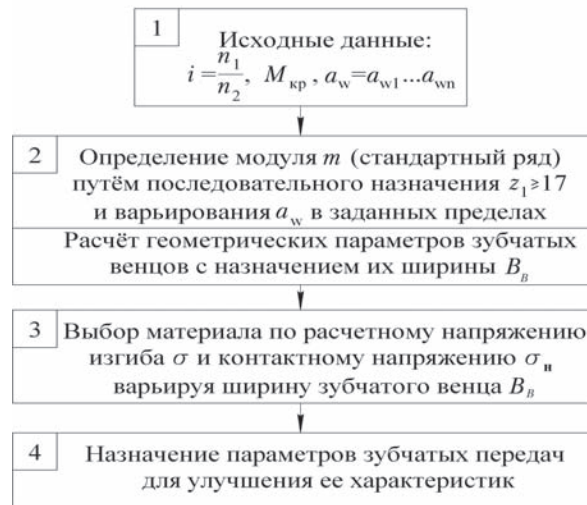


Рис. 2. Структурная схема методики проектирования и расчета цилиндрической кинематической зубчатой передачи

Предлагаемая авторами методика проектирования и расчета механической части (редуктора) прибора для измерения угла поворота будет применена для разработки последующих образцов приборов-датчиков, производимых АО «НПФ «Меридиан», с целью повышения их точности и уменьшения массогабаритных характеристик.

## ЛИТЕРАТУРА

- Медунецкий В. М., Зинков В. А. Повышение точности электро-механического прибора-датчика для измерения угла поворота судового оборудования // Морской вестник. – 2019. – № 1 (69). – С. 112–114.
- Павлов Я. М. Детали машин. – Л.: Машиностроение. – 1969. – 448 с.
- Медунецкий В. М., Шалобаев Е. В., Зинков В. А., Данг Нян Тхонг. Методика проектирования и расчета малогабаритных зубчатых передач из композиционных материалов // Изв. вузов. Приборостроение. – 2019. – Т. 62. – № 2. – С. 193–195.
- Справочник конструктора точного приборостроения / Под ред. К. Н. Явленского. – Л.: Машиностроение. – 1989. – 792 с.
- Мосягин Р. В., Павлов Б. И. Детали и узлы малогабаритных редукторов. – Л.: Машиностроение. – 1967. – 146 с.
- Альшиц И. Я., Благов Б. Н. Проектирование деталей из пластмасс: Справ. – М.: Машиностроение. – 1977. – 215 с.
- Ермаков В. А. Зубчатые колеса из неметаллических материалов. – М.: Машиностроение. – 1966. – 67 с.
- Элементы привода приборов: расчет, конструирование, технологии / Под ред. Ю. М. Плещачевского. – Минск: Беларус. наука. – 2012. – 769 с.
- Скорыходов Е. А. Справочник технолога-приборостроителя. – Т. 2. – М.: Машиностроение. – 1980. – 463 с.
- Ваньшин А. И., Печников А. Ф. Детали машин. Расчет механических передач: Пособие. – СПб.: СПбГУНиПТ. – 2003. – 140 с.
- Караетян А. Н., Шарп Г. Выбор полимерных материалов при конструировании зубчатых колес // Изв. НАН РА и ГИУА. – Сер. ТН. – 2007. – Т. LX. – № 2. – С. 266–271. ■



Стабилизация натяжения канатов буксирных, швартовных и якорных лебедок при проведении транспортных и погрузочно-разгрузочных работ на морских и речных судах, особенно при большой волне, – известная проблема для инженерно-конструкторских подразделений, работающих в системе морфлота. Такая же проблема существует в еще больших масштабах при проведении указанных работ в открытом море, прежде всего при передаче грузов по нескольким несущим (направляющим) канатам, например, с транспортного корабля на борт крейсера или при проведении различных стабилизационных мероприятий над устьем скважины для буровых платформ, а также в других случаях.

Традиционно указанная задача решается за счет применения для привода указанных лебедок специальных гидромоторов, которые способны формировать так называемые моментные механические характеристики привода с целью стабилизации натяжения каната. Однако обеспечить одинаковые натяжения с помощью гидромоторов лебедками, расположенными на значительном удалении (к примеру, в носовой части судна и на его корме), задача достаточно сложная и плохо решаемая в динамике из-за отсутствия взаимосвязи по натяжениям между отдельными, работающими одновременно лебедками.

Стабилизация натяжения отдельных лебедок, тем более работающих в комплексе единой системы позиционирования, например, буровой платформы, может быть решена с лучшими технико-экономическими показателями, если применить для лебедок вместо гидромоторов серийные электродвигатели морского исполнения [1]. При переходе от гидропривода к электроприводу (ЭП) появляется возможность простого и надежного объединения некоторого количества лебедок в общую систему стабилизации натяжения, работающую от одного преобразователя с «токовой» внешней характеристикой при изменении нагрузки.

При применении для лебедок двигателей постоянного тока может использоваться токопараметрический вентильный преобразователь (ТПВП) [2], а для лебедок с асинхронными двигателями с фазным ротором – преобразователь по схеме токопараметрического асинхронновентильного каскада (ТПАВК) [3]. Кроме стабилизации указанные преобразователи позволят при необходимости оперативно регулировать уровень натяжения нескольких лебедок одновременно, что важно для более точной настройки системы группового натяжения с целью компенсации динамических усилий при разном уровне морской волны.

Из открытых источников известно, что системы ЭП для буксирных и швартовных лебедок, которые применяются в настоящее время на морских и речных судах, строятся на базе преобразователей, работающих в режиме источника напряжения. Такие преобразователи имеют достаточно «жесткую» внешнюю электрическую (напряжение – ток нагрузки) характеристику, поэтому при использовании их для питания двигателей полностью исключается возможность самостоятельного стабилизировать электромагнитный момент на валу. Лебедки с электроприводом на базе преобразователей напряжения обязательно должны иметь специальный датчик натяжения каната электромеханического типа, выходной сигнал которого обеспечивает работу приводного двигателя в двух направлениях: выбирать или травить канат. Поэтому преобразователь и ЭП, получающий от него питание, должны быть реверсивными. Сигнал от датчика натяжения подается на показывающий прибор, установленный в рулевой рубке или на мостике буксира. Кроме натяжения каната контролируется также полная стравленная его длина с целью своевременного уменьшения скорости буксирования для исключения аварийной ситуации обрыва [4].

## ЭЛЕКТРОПРИВОД ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ НАТЯЖЕНИЯ МОРСКИХ И РЕЧНЫХ БУКСИРНЫХ, ШВАРТОВНЫХ И ЯКОРНЫХ ЛЕБЕДОК

**В.А. Хомяк**, канд. техн. наук, гл. конструктор Филиала «ЦНИИ СЭТ» ФГУП «Крыловский государственный научный центр»,

**В.В. Каложный**, канд. техн. наук, доцент Донбасского государственного технического университета, Алчевск,

**В.Н. Куракин**, канд. техн. наук, доцент Государственного университета морского и речного флота им. адм. С.О. Макарова, контакт. тел. (812) 369 0375, +7(911) 020 9108

Известны и достаточно широко применяются в промышленности системы ЭП с питанием приводного двигателя, как указывалось выше, от преобразователя с «токовой» внешней характеристикой. Питание ЭП не от источника напряжения (ИН), а от источника тока (ИТ), равносильно разрыву существующей в электрической машине внутренней отрицательной обратной связи по ЭДС якоря (ротора), а это позволяет управлять электромагнитным моментом двигателя вне связи с его скоростью. Главное достоинство такого ЭП – возможность создания принципиально нового силового канала – более простого, надежного и экономичного, особенно если в качестве источника тока используется не тиристорный преобразователь, охваченный глубокой отрицательной обратной связью по току, а параметрический источник тока (ПИТ) [5].

Цель настоящей статьи – посредством компьютерного моделирования показать в среде Matlab /Simulink/PowerSystem возможность построения ЭП постоянного тока по системе ТПВП-Д для натяжных лебедок.

Рассмотрим два варианта моделей ЭП постоянного тока натяжной лебедки, например, буксирного устройства: 1) при питании от ИТ, выполненного на базе ПИТ с диодным выпрямителем по выходу; 2) при питании от ИН – традиционный тиристорный преобразователь со сглаживающим реактором в цепи выпрямленного тока и без каких-либо обратных связей.

Для привода натяжной лебедки возьмем двигатель Д-818, защищенный, с независимой вентиляцией (продуваемый, ПВ = 100%). Его характеристики: мощность – 185 кВт; частота вращения – 450 об/мин; 220 В; 920 А;  $R_{\text{я}} + R_{\text{д.н.}} = 0,0066 \cdot 1,24 = 0,00818$  Ом;  $R_{\text{нар}} = 17,3 \cdot 1,24 = 21,45$  Ом (коэффициент 1,24 для сопротивлений – пересчетный, в нагретое состояние машины);  $I_{\text{возб. н}} = 10,2$  А;  $J = 27,5$  кг·м<sup>2</sup> (с учетом редуктора, соединительных муфт, барабана лебедки и каната принимаем общий приведенный к валу двигателя момент инерции  $J_{\text{пр}} = 30,25$  кг·м<sup>2</sup>); масса двигателя – 3745 кг.

Параметры двигателя с целью ввода в окно задания модели рассчитываем на основе его паспортных данных по формулам, приведенным в [6]:

Момент номинальный

$$M_{\text{н}} = \frac{P_{\text{н}}}{\omega_{\text{н}}} = \frac{30 P_{\text{н}}}{\pi \cdot n_r} = \frac{30 \cdot 185}{\pi \cdot 450} = 3,93 \text{ кН}.$$

Взаимная индуктивность между якорем и обмоткой возбуждения

$$L_{\text{эф}} = \frac{M_{\text{н}}}{I_{\text{ан}} \cdot I_{\text{в}}} = \frac{3930}{920 \cdot 10,2} = 0,419 \text{ Гн}.$$

Индуктивность якорной цепи

$$L_{\text{а}} = C \frac{U_{\text{ан}}}{I_{\text{ан}} \cdot n_{\text{н}} \cdot p} = 6 \frac{220}{920 \cdot 450 \cdot 2} = 0,0016 \text{ Гн},$$

где  $C = (1 \div 2,5)$  для машин с компенсационной обмоткой (большее число для тихоходных машин);  $C = 6$  для машин без компенсационной обмотки;  $p$  – число пар полюсов.

Индуктивность цепи возбуждения

$$L_f \geq (2 \div 5) \frac{L_{\text{а}} \cdot R_f}{R_{\text{а}}} = 3 \frac{0,0016 \cdot 21,45}{0,00818} = 12,59 \text{ Гн}.$$

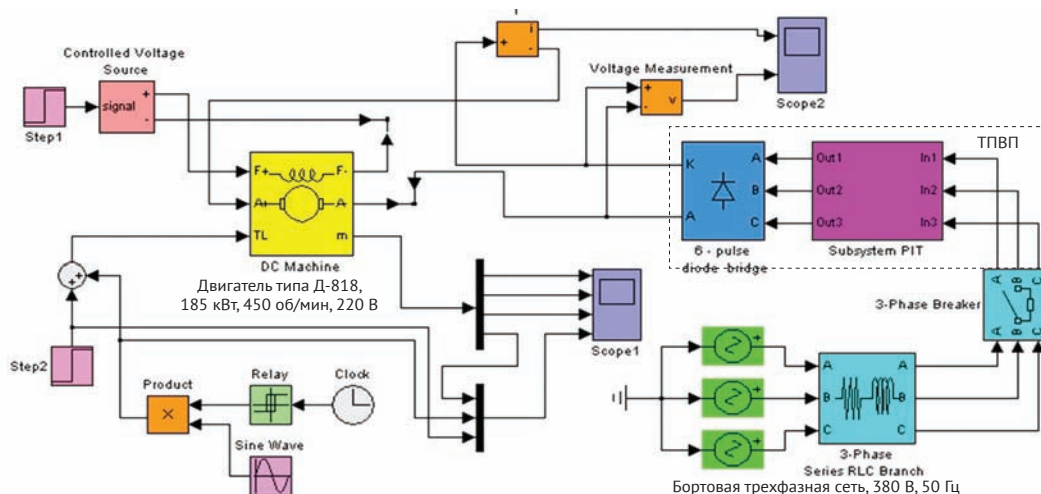


Рис. 1. Модель ЭП лебедки буксирного устройства с питанием от ТПВП при воздействии синусообразного возмущения

## ПИТАНИЕ ЛЕБЕДКИ БУКСИРНОГО УСТРОЙСТВА ОТ ИСТОЧНИКА ТОКА

На рис. 1 приведена схема модели ЭП при питании якорной цепи двигателя от преобразователя (Subsystem PIT и 6-pulse diode bridge) с «токовой» внешней характеристикой – ТПВП.

Последний подключается к бортовой трехфазной сети ~380 В с помощью контактора 3-Phase Breaker, имеющего задержку 3 секунды на замыкание.

При моделировании задержку вводим специально только для уменьшения длительности расчета переходных процессов в системе привода при установлении тока в обмотке возбуждения двигателя до уровня номинального значения (рис. 2).

В реальной установке (рис. 3) указанная задержка не нужна, так как время существования переходных процессов в электро-механической системе привода лебедки, не превышающее несколько десятков секунд, небольшое. Для РИТ же режим короткого замыкания при остановленном двигателе в момент подключения к сети, как известно, неопасен. В этом плане упрощается защита системы привода ТПВП-Д по сравнению с системой ТП-Д (рис. 4), если используется обычный тиристорный преобразователь. Кстати сказать, в системе ТПВП-Д не требуется не только защита по максимальному току якоря, но и защита от аварийного исчезновения поля возбуждения двигателя, что существенно увеличивает надежность натяжного устройства в целом (рис. 5).

На вход TL блока модели машины постоянного тока DC Machine подается суммарный сигнал, равный статическому моменту буксирования (блок Step2) «в спокойной воде» и момент возмущения (блок Sine Wave), обусловленный, например, морской волной или соударениями с осколками льдин, или ветровой парусностью буксируемого судна. Последним блоком можно задавать как время действия, так и амплитуду перемен-

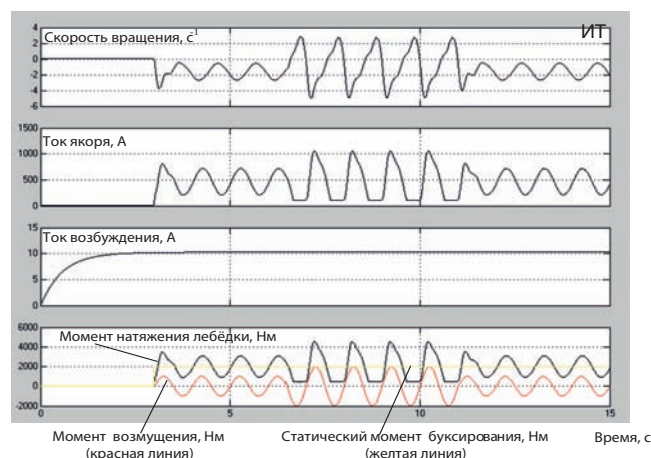


Рис. 2. Результаты моделирования электродинамических процессов в приводе по системе ТПВП-Д буксирной лебедки (см. рис. 1)

ной нагрузки. При помощи блока Clock может задаваться время начала действия указанной переменной нагрузки.

На рис. 2 представлены результаты моделирования электродинамических процессов в ЭП лебедки буксирного устройства при питании якоря двигателя от диодного ТПВП. Статический момент буксирования (желтая линия) устанавливается  $0,5 M_n = 2000$  Н·м, начиная с момента времени  $t = 3$  с. Момент возмущения (красная линия) с амплитудным значением 1000 Н·м и частотой 1 Гц начинает действовать также с момента времени  $t = 3$  с. Примерно при  $t = 7$  с амплитуда момента возмущения скачкообразно увеличивается до 2000 Н·м, а затем, примерно, при  $t = 12$  с принимает прежнее значение.

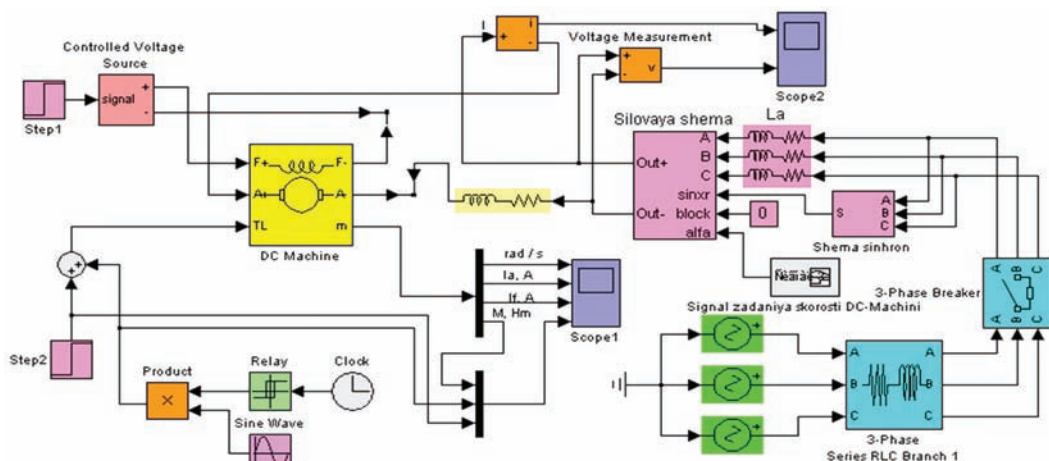


Рис. 3. Схема модели ЭП лебедки при питании двигателя от тиристорного преобразователя с индуктивностью  $L_d$  в якорной цепи



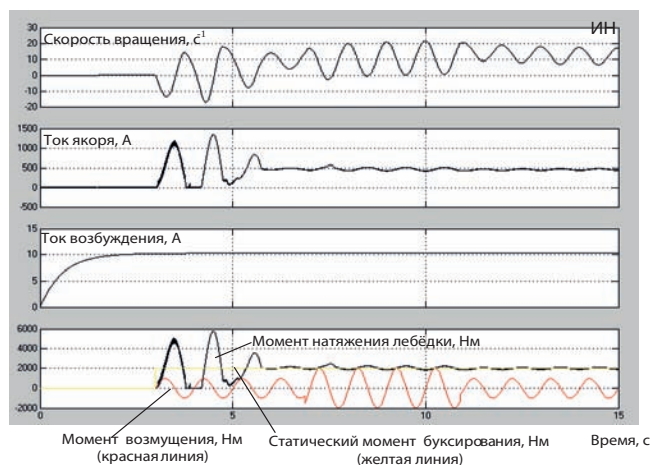
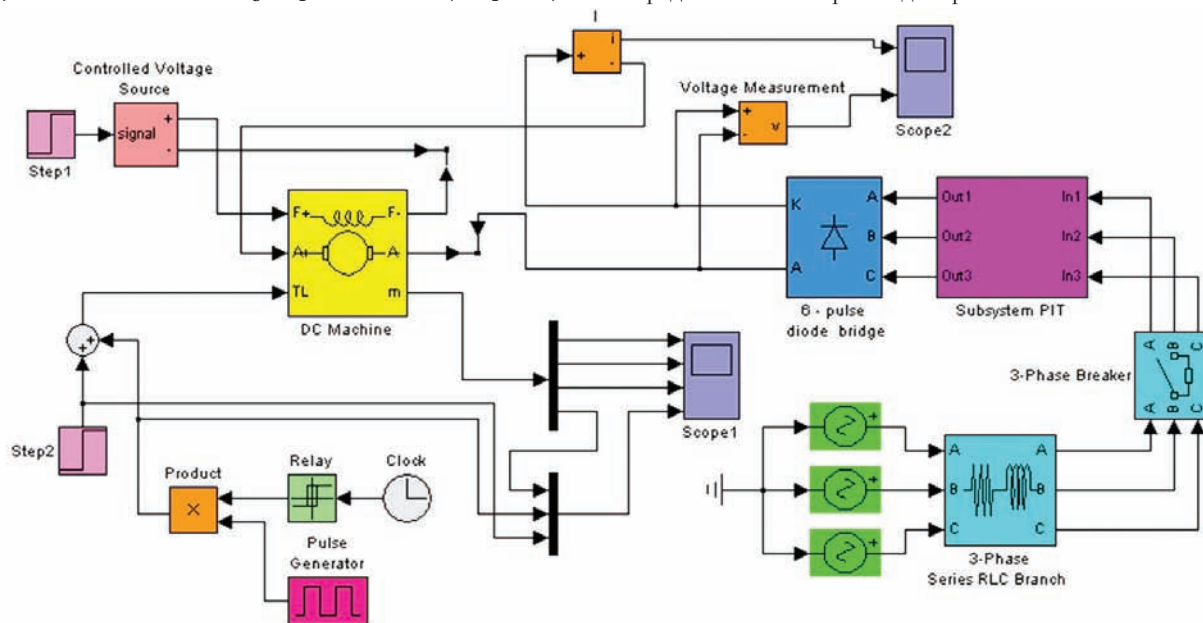


Рис. 4. Результаты моделирования электродинамических процессов в системе ТП-Д буксирной лебедки (см. рис. 3)

ристики: мощность – 450 об/мин; 220 В; 920 А;  $L_d$  (0,0001 Ом; 0,001 Гн); угол регулирования  $\alpha$  при пуске плавно уменьшается от 120° до 0° на интервале от 3 до 5 секунд. Синхронизация по сети системы управления тиристорного преобразователя обеспечивается блоком Shema sinhron, а регулирование угла управления  $\alpha$  тиристорами преобразователя выполняет блок Signal zadaniya skorosti DC-machini.

При моделировании тиристорный преобразователь принят непереворачиваемый, датчики натяжения и длины каната отсутствуют, поскольку моделированием преследуется цель сравнения только двух способов стабилизации натяжения каната буксирной лебедки, непосредственно с помощью питающего привода преобразователя, при действии гармонического возмущения заданной частоты на исполнительный механизм (барабан лебедки). Результаты моделирования системы ТП-Д показаны на рис. 4.

Для увеличения ресурса эксплуатации буксирного каната представляет интерес моделирование описанных выше двух



*Рис. 5. Модель ЭП лебедки буксирного устройства с питанием от ТПВП при воздействии ступенчатого возмущения*

Статический или тянущий момент буксирования лебедки (черная линия на графиках моментов рис. 6 и рис. 7) четко повторяет изменения момента возмущения, что отражается также на сравнительно небольших изменениях скорости вращения барабана лебедки. Это указывает на высокую чувствительность системы привода ТППП-Д по отношению к внешнему возмущению.

## ПИТАНИЕ ЛЕБЕДКИ БУКСИРНОГО УСТРОЙСТВА ОТ ИСТОЧНИКА НАПРЯЖЕНИЯ

В режиме ИН работает большинство схем тиристорных преобразователей без внешних обратных связей. Как указывалось, имеют они достаточно «жесткую» внешнюю характеристику, поэтому в системе привода ТП-Д коэффициент электромеханической связи между механизмом и двигателем всегда получается высоким. Известно, что для демпфирования различных механических колебаний система ТП-Д в разомкнутом виде малоприспособлена.

Отмеченное выше проверим, моделируя ЭП лебедки буксирного устройства в системе ТП-Д с теми же параметрами, какие были использованы ранее для системы ТПВП-Д. На рис. 3 приведена схема модели, на которой якорная цепь приводного электродвигателя лебедки получает питание от шестипульсной тиристорной схемы выпрямления *Silovaya shema*, подключенной тремя своими фазами через анодные реакторы  $L_a$  к бортовой сети ~380 В. Двигатель такой же, как и в предыдущей схеме: Д-818, продуваемый, ПВ = 100%; 185 кВт. Его характе-

систем привода буксирной лебедки для получения плавности нарастания момента натяжения. Указанная задача может решаться при скачкообразном воздействии момента возмущения. Для этого в схемах моделей (см. рис. 1 и рис. 3) заменяем генератор синусоидального возмущения (блок *Sine Wave*) генератором прямоугольного внешнего возмущения (*Pulse Generator*). Амплитудное значение сигнала генератора 2000 Н·м, период – 2 секунды, скважность – 20%. Схема модели для привода по системе ТПВП-Д приведена на рис. 5. Электродинамические процессы, полученные при моделировании, приведены на рис. 6 и рис. 7 соответственно.

При скачкообразном набросе нагрузки в системе привода ТПВП-Д скорость снижается с усредненным угловым замедлением, примерно равным  $\varepsilon_{\text{ит}} = 4$  рад/с. При таком же набросе нагрузки в системе ТП-Д скорость снижается с четко выраженным угловым замедлением, равным  $\varepsilon_{\text{ин}} = 40/0,8 = 50$  рад/с. По сравнению с предыдущей схемой (см. рис. 3) механический рывок, пропорционально зависящий от замедления, возрастает в 12,5 раза. Большое снижение скорости в первый момент наброса нагрузки объясняется свободным энергообменом системы привода ТП-Д с питающей сетью. В приводе ТПВП-Д энергия, накопленная в инерционных массах, в сеть, *работающую в режиме источника напряжения*, свободно «передаваться» не может, так как между сетью и приводом находится преобразователь (ПИТ), представляющий собой *источник тока*, который, как известно, имеет высокое внутреннее сопротивление, препятствующее протеканию тока от якоря двигателя в сеть.

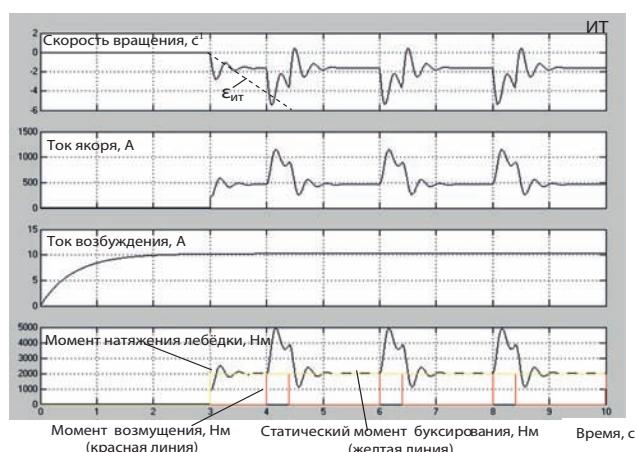


Рис. 6. Результаты моделирования системы привода ТПВП-Д при ступенчатом возмущении

## ВЫВОДЫ

1. Энергетическое устройство со свойствами ИТ для питания двигателя натяжной лебедки буксирного устройства, получившее название в литературе ТПВП, обладающее высокими внутренними форсировками по выходному напряжению, способно четко отрабатывать внешние возмущения частотой несколько герц (при моделировании установлено 1 Гц), что для морских и речных применений будет вполне достаточным.

2. При скачкообразном (ступенчатом) набросе нагрузки в системе ТПВП-Д снижается рывок (примерно, в 12,5 раза), положительно влияющий на ресурс эксплуатации буксирного каната и механизма лебедки.

3. В случае питания ЭП лебедки от ТПВП упрощается защита всего натяжного комплекса:

- абсолютно не требуется быстродействующая защита в якорной цепи двигателя, а также защита от исчезновения магнитного поля в его обмотке возбуждения;
- стопорение тянущего каната из-за возможных механических заклиниваний не является аварийным режимом для электропривода, так как момент, развиваемый двигателем, не превышает допустимых значений;
- в силовых цепях преобразователя отсутствуют управляемые тиристорные или транзисторные полупроводниковые приборы, что должно существенно повышать надежность всего буксирного комплекса;
- плавное увеличение скорости приводного двигателя лебедки, свойственное для ЭП с питанием от ИТ, полностью устраняет появление динамических перегрузок по моменту (см. п. 2).

4. В системе ТПВП-Д регулирование момента буксирования в широких пределах, от нуля до максимально расчетного, может производиться по слаботочному (до 10 А) каналу возбуждения двигателя. Пропорционально этому току должен быть проградуирован датчик натяжения, установленный в рулевой рубке буксира. Датчики натяжения и длины каната для технологии буксирования, вообще-то, не нужны. Их сигналы носят чисто информативный характер при буксировании по «спокойной воде». При буксировании во льдах или в условиях ограниченной видимости датчик длины каната все-таки будет необходим для ограничения момента на гребном винте буксира с целью защиты каната и прицепного устройства от чрезмерной перегрузки по натяжению при каких-то непредвиденных обстоятельствах.

5. Для торможения и реверсирования двигателя буксирной лебедки может использоваться режим противовключения, который легко реализуется с помощью мостовой контакторной схемы в цепи обмотки возбуждения (на схеме модели не показаны).

6. Коэффициент мощности системы ТПВП-Д близок к единице и практически не зависит от величины нагрузки по моменту двигателя буксирной лебедки.

7. Недостатки системы привода ТПВП-Д:

- необходимость применения продуваемого (с независимой

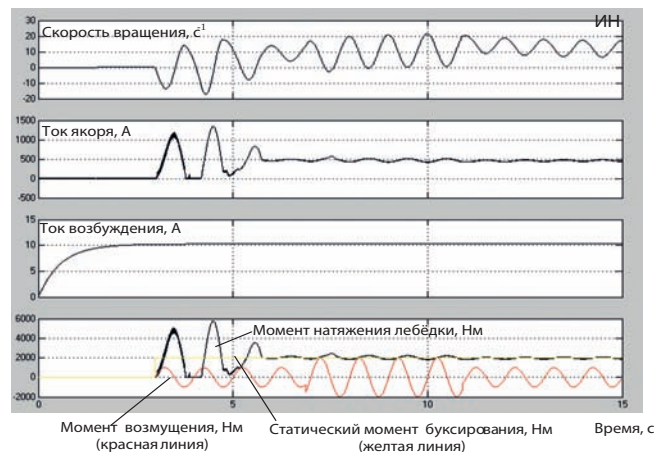


Рис. 7. Результаты моделирования привода лебедки по системе ТП-Д при воздействии ступенчатого возмущения

вентиляцией) двигателя, поскольку при питании от ИТ якорь последнего и коллекторно-щеточный узел самовентилируется слабо, особенно при буксировании по спокойной воде. Одновременно указанное выше обстоятельство является и достоинством ЭП, так как при работе двигателя длительное время, практически на упор, износ коллекторных пластин и щеток будет минимальным. В связи с этим привод по надежности, благодаря простоте ТПВП, способен обойти широко внедряемую сейчас для лебедок систему «преобразователь частоты – асинхронный двигатель» (ПЧ-АД).

- двигатель может значительно увеличивать скорость вращения якоря в момент аварийного обрыва буксирного каната, поэтому для защиты ЭП от режима холостого хода требуется на стороне переменного тока ТПВП (на стороне сети) обязательно устанавливать автоматический выключатель с максимально-токовым расцепителем. Продублировать защиту можно установкой центробежного датчика вращения на втором конце вала двигателя либо тахогенератора для введения обратной связи по скорости в цепь обмотки возбуждения.

Как указывалось в начале статьи, для буксирной лебедки может использоваться также ЭП переменного тока на базе асинхронного двигателя с фазным ротором – система ТПАВК-Д. Натяжное устройство с двумя лебедками описано в статье [7]. Кроме приведенной выше компьютерной модели, принцип стабилизации натяжения лебедки с ЭП по системе ТПВП-Д иллюстрирует фильм, снятый на физической модели в лаборатории Донбасского государственного технического университета и размещенный в Интернете по адресу: [https://www.youtube.com/channel/UCIbgWRI9De\\_M0-N0npkxV3w](https://www.youtube.com/channel/UCIbgWRI9De_M0-N0npkxV3w).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Козярук А. Е., Плахтына Е. Г. Вентильные преобразователи в судовых электромеханических системах. – Л.: Судостроение, 1987. – 192 с.
2. Калужный В. В., Обухов С. Г. Электропривод постоянного тока с питанием от токопараметрического вентильного преобразователя // Электротехническая промышленность. – Сер. электропривод. – М.: Информэлектро, 1982. – Вып. 8 (106). – С. 4–8.
3. Волков И. В., Калужный В. В., Калужный С. В. Преобразователь токопараметрического асинхронновентильного каскада // Электричество. – 2009. – № 11. – С. 57–61.
4. Бабаев А. М., Ягодкин В. Я. Автоматизированные судовые электроприводы. Учебник для вузов. – М.: Транспорт, 1986. – 448 с.
5. Ильинский Н. Ф. Основы теории, исследование и разработка электроприводов по системе источник тока – двигатель: Автореф. дисс. д-ра техн. наук: 05.09.03. Московский энергетический институт. – М.: МЭИ, 1978. – 38 с.
6. Черных И. В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink. – М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2008. – 288 с.
7. Гуськов М. О., Калужный С. В. Преобразователь по схеме токопараметрического асинхронновентильного каскада для электроприводов якорных лебедок полупогружных плавучих буровых платформ // Сборник студенческих науч. работ ДонГТУ ЛНР. – 2018. – № 2. – С. 14–17. ■



В вариационному исчислению, теории оптимального управления с приложениями к колебаниям упругих систем, моделированию динамики манипуляционных роботов посвящены работы [1–12]. Теория колебаний линейных упругих систем нашла отражение в работах [13–19].

Исследованию оптимального управления переносными поступательными и вращательными движениями упругих систем с конечным и бесконечным числом степеней свободы при реверсионном конструировании управляемых движений посвящены работы [20–33]. Показано существование широкого класса кососимметричных управлений (линейных и угловых ускорений), подтверждены экстремумы восстанавливаемых функционалов-критериев (согласно реверсионному принципу оптимальности – РПО).

Продолжают оставаться актуальными задачи динамического поведения сложных упругих систем в оптимальном относительном движении.

Цель исследования – динамика упругого манипулятора с заранее проектируемыми частотами собственных колебаний при оптимальном кососимметричном управлении движением из состояния абсолютного покоя в конечное состояние абсолютного покоя за минимально возможное время, определяемое как корни моментных соотношений.

Сложное движение упругого антропоморфного манипулятора состоит из переносного (вращение звеньев как абсолютно твердых тел) и относительного, обусловленного конечной жесткостью элементов (рис. 1).

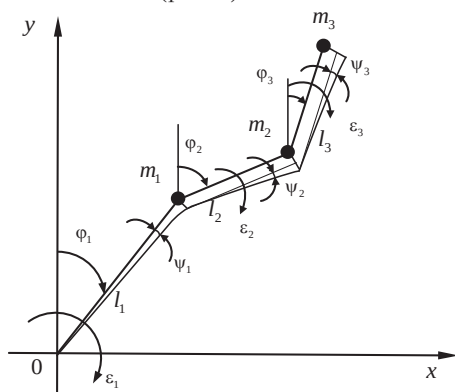


Рис. 1. Схема положения манипулятора в произвольный момент

Манипулятор при движении в горизонтальной плоскости обладает тремя степенями свободы. В произвольный момент кинетическая энергия манипулятора (без учета конечной жесткости звеньев) зависит от формы движения (рис. 2, рис. 3), при которой достигается конечное положение схвата.

Для первой формы движения энергия равна

$$T_1 = \frac{1}{2} m_1 l_1^2 \dot{\varphi}_1^2 + \frac{1}{2} m_2 (l_1 + l_2)^2 \dot{\varphi}_1^2 + \frac{1}{2} m_3 \left( (l_1 + l_2)^2 \dot{\varphi}_1^2 + l_3^2 \dot{\varphi}_3^2 + 2(l_1 + l_2) l_3 \dot{\varphi}_1 \dot{\varphi}_3 \cos(\varphi_3 + \varphi_1) \right), \quad (1)$$

где  $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$  – обобщенные координаты (углы поворотов звеньев);  $\dot{\varphi}_1, \dot{\varphi}_2, \dot{\varphi}_3$  – угловые скорости звеньев;  $L_1, L_2, L_3$  – длины звеньев;  $m_1, m_2, m_3$  – сосредоточенные массы в узлах, включающие приведенные к сосредоточенным распределенные массы звеньев руки. Кинетическая энергия для второй формы вычисляется так:

$$T_2 = \frac{1}{2} m_1 l_1^2 \dot{\varphi}_1^2 + \frac{1}{2} m_2 (l_1^2 \dot{\varphi}_1^2 + l_2^2 \dot{\varphi}_2^2 + 2l_1 \dot{\varphi}_1 l_2 \dot{\varphi}_2 \cos(\pi - (\varphi_1 + \varphi_2))) + \frac{1}{2} m_3 (l_1^2 \dot{\varphi}_1^2 + (l_2 + l_3)^2 \dot{\varphi}_2^2 + 2l_1 \dot{\varphi}_1 (l_2 + l_3) \dot{\varphi}_2 \cos(\pi - (\varphi_1 + \varphi_2))).$$

## ДИНАМИКА ТРЕХЗВЕННОГО АНТРОПОМОРФНОГО УПРУГОГО МАНИПУЛЯТОРА ПРИ ОПТИМАЛЬНОМ УПРАВЛЕНИИ ДВИЖЕНИЕМ

Н. И. Варминская, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой Черноморского высшего военно-морского училища им. П. С. Нахимова, контакт. тел. +7 (978) 832 8344

Кинетическая энергия для третьей формы

$$T_3 = \frac{1}{2} m_1 l_1^2 \dot{\varphi}_1^2 + \frac{1}{2} m_2 (l_1^2 \dot{\varphi}_1^2 + l_2^2 \dot{\varphi}_2^2 + 2l_1 \dot{\varphi}_1 l_2 \dot{\varphi}_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1)) + \frac{1}{2} m_3 \left( (l_1^2 \dot{\varphi}_1^2 + l_2^2 \dot{\varphi}_2^2 + 2l_1 \dot{\varphi}_1 l_2 \dot{\varphi}_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1))^2 + l_3^2 \dot{\varphi}_3^2 \right) + \frac{1}{2} m_3 (2l_3 \varphi_3 (l_1^2 \dot{\varphi}_1^2 + l_2^2 \dot{\varphi}_2^2 + 2l_1 \dot{\varphi}_1 l_2 \dot{\varphi}_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1)) \cos \alpha),$$

где  $\alpha = \pi - \varphi_3 - \frac{\varphi_2}{2} - \frac{\varphi_1}{2}$ .

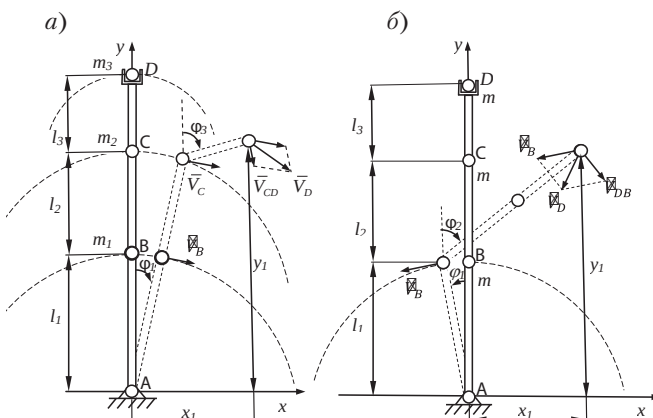


Рис. 2. Схема движения: а – первая форма движения; б – вторая форма движения

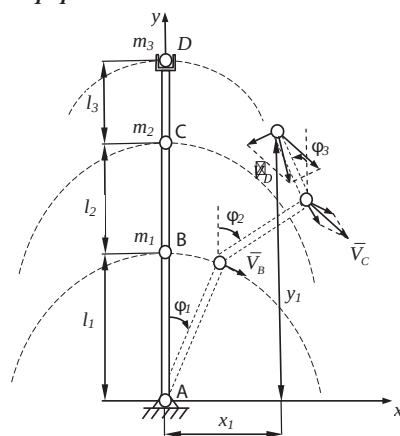


Рис. 3. Схема движения (третья форма движения)

С использованием уравнений Лагранжа

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_1} - \frac{\partial T}{\partial \varphi_1} = Q_1; \quad \frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_2} - \frac{\partial T}{\partial \varphi_2} = Q_2; \quad \frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_3} - \frac{\partial T}{\partial \varphi_3} = Q_3, \quad (2)$$

при учете выражения для кинетической энергии (1) после преобразований получена система нелинейных уравнений динамики манипулятора соответственно форме движения. Из уравнений Лагранжа следуют выражения для моментов в приводах как обобщенных сил; выражения громоздки и здесь не приведены, но графики движущих моментов показаны на рис. 5.

# **КОНСТРУИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТИПА «РАЗГОН-ТОРМОЖЕНИЕ» КАК УГЛОВОГО УСКОРЕНИЯ ПЕРЕНОСНОГО ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ УПРУГОЙ СИСТЕМЫ**

С учетом краевых условий, определяющих цель движения

$$\varphi_e(0)=0; \dot{\varphi}_e(0)=0; \varphi_e(T)=\varphi^*; \dot{\varphi}_e(T)=0, \quad (3)$$

из уравнения

$$\frac{d\varphi_e}{dt} = \alpha \sin pt, \quad (4)$$

где  $\alpha, p = \text{const}$ , в результате его интегрирования получено

$$\begin{aligned} \varphi_e(t) &= \frac{\varphi^*}{2\pi} (pt - \sin pt); \quad \dot{\varphi}_e = \omega_e(t) = \frac{\varphi^* p}{2\pi} (1 - \cos pt); \\ \varepsilon_e &= \ddot{\varphi}_e(t) = \frac{\varphi^* p^2}{2\pi} \sin pt, \end{aligned} \quad (5)$$

где  $\varphi^*$  – максимальный угол поворота звена.

Следовательно, с учетом (5) требуемые угловые ускорения (управления) для каждого из звеньев приобретают вид

$$\varepsilon_1 = \frac{\varphi_1^* p^2}{2\pi} \sin pt; \quad \varepsilon_2 = \frac{\varphi_2^* p^2}{2\pi} \sin pt; \quad \varepsilon_3 = \frac{\varphi_3^* p^2}{2\pi} \sin pt, \quad (6)$$

где  $\varphi_1^*, \varphi_2^*, \varphi_3^*$  – предельные значения углов поворота при условии достижения конечного положения, определяемого координатами центра масс схвата  $x_1, y_1$ .

Конечное положение манипулятора для заданных координат  $x_1, y_1$  точки  $D$  и длин звеньев  $l_1 + l_2, l_3$ , например, для первой формы движения, показано на рис. 5.

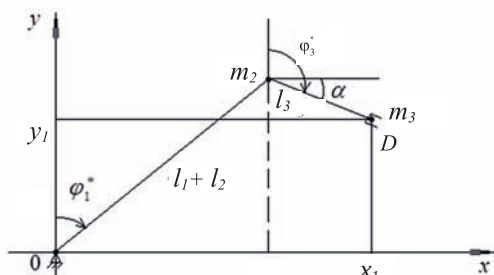


Рис. 4. Конечное положение звеньев манипулятора при движении по первой форме

При определении конечных углов поворота звеньев  $\varphi_1^*, \varphi_2^*, \varphi_3^*$  при достижении центром масс схвата точки с координатами  $x_1, y_1$  для каждой из форм движения составлены зависимости (известных длины звеньев  $l_1, l_2, l_3$ ) между заданными декартовыми координатами конечной точки ( $x_1, y_1$ ) и конечными углами поворотов ( $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ ) звеньев, представляющих собой систему трансцендентных уравнений.

Например, для первой формы движения (см. рис. 2, а) получены уравнения

$$\begin{aligned} (l_2 + l_3) \sin(\varphi_1^*) + l_3 \sin(\varphi_3^*) - x_1 &= 0; \\ (l_2 + l_3) \cos(\varphi_1^*) + l_3 \cos(\varphi_3^*) - y_1 &= 0, \end{aligned}$$

Для второй формы (см. рис. 2, б) система трансцендентных уравнений для определения  $\varphi_1^*, \varphi_2^*$  соответствующих этой форме, имеет вид

$$\begin{aligned} -l_1 \sin(\varphi_1^*) - (l_2 + l_3) \sin(\varphi_2^*) - x_1 &= 0; \\ l_1 \cos(\varphi_1^*) + (l_2 + l_3) \cos(\varphi_2^*) - y_1 &= 0, \end{aligned}$$

Для третьей формы (см. рис. 3) система трансцендентных уравнений записывается так:

$$\begin{aligned} -l_1 \sin(\varphi_1^*) - l_2 \sin(\varphi_2^*) + l_3 \sin(\varphi_3^*) + x_1 &= 0; \\ l_1 \cos(\varphi_1^*) + l_2 \cos(\varphi_2^*) + l_3 \cos(\varphi_3^*) - y_1 &= 0; \\ l_1 \cos(\varphi_1^*) + l_2 \cos(\varphi_2^*) - y_2 &= 0. \end{aligned}$$

Анализ форм движений трехзвенного антропоморфного манипулятора выполнен с учетом различных критериев: минимума энергетических затрат на достижение цели движения

(требуемого конечного состояния центра масс схвата с грузом), принципа действия и «обобщенного мультипликативного критерия энергодействия» [34], где показано, что предпочтительной является первая форма движения. Поэтому далее будет выполнен кинематический и динамический анализ для этой формы движения.

Графики кинематики переносных вращательных движений при совмещении звеньев 1 и 2 ( $\varphi_1(t), \dot{\varphi}_1(t), \ddot{\varphi}_1(t) = \varepsilon_1(t)$ ) и вращении звена 3 ( $\varphi_3(t), \dot{\varphi}_3(t), \ddot{\varphi}_3(t) = \varepsilon_3(t)$ ) изображены (рис. 5 и рис. 6) при  $\varphi_1^* = \pi/4, \varphi_3^* = 2\pi/3$ .

Следуя алгоритму обратной задачи динамики, движущие моменты в приводах как обобщенные силы найдены с использованием зависимостей (6) для каждого звена манипулятора согласно уравнениям Лагранжа (2). Например, для первой формы движения графики  $M_1(t)$  и  $M_3(t)$  исходной нелинейной системы изображены на рис. 7.

Интересно отметить, что даже при грубой линеаризации графики движущего момента первого звена нелинейной системы ( $M_1$ ) и линеаризованной ( $M_{1L}$ ) близки между собой (рис. 8).

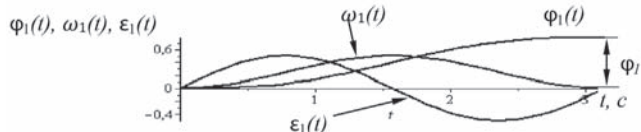


Рис. 5. Графики функций  $\varphi_1(t), \dot{\varphi}_1(t), \ddot{\varphi}_1(t) = \varepsilon_1(t)$

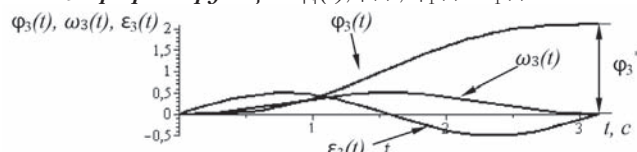


Рис. 6. Графики функций  $\varphi_2(t), \dot{\varphi}_2(t), \ddot{\varphi}_2(t) = \varepsilon_2(t)$

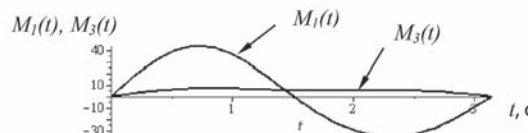


Рис. 7. Движущие моменты в приводах нелинейной системы

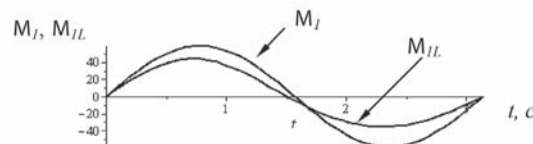


Рис. 8. Графики моментов первого звена нелинейной системы  $M_1$  и звена линеаризованной системы  $M_{1L}$

## **ОТНОСИТЕЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ – УПРУГИЕ КОЛЕБАНИЯ ЗВЕНЬЕВ (ПО ОТНОШЕНИЮ К ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ МАНИПУЛЯТОРА С АБСОЛЮТНО ЖЕСТКИМИ ЗВЕНЬЯМИ)**

Система неоднородных линейных дифференциальных уравнений, описывающая относительное движение, составлена с использованием принципа Даламбера и принципа независимости действия сил и записывается в виде:

$$\begin{aligned} J_1 \ddot{\psi}_1 + (C_1^* + C_2^*) \psi_1 - C_1^* \psi_2 &= -J_1 \varepsilon_1; \\ J_2 \ddot{\psi}_2 + (C_2^* + C_3^*) \psi_2 - C_3^* \psi_3 &= -J_2 \varepsilon_2; \\ J_3 \ddot{\psi}_3 - C_3^* \psi_2 + C_3^* \psi_3 &= -J_3 \varepsilon_3, \end{aligned} \quad (7)$$

где  $J_1 = m_1 L_1^2, J_2 = m_2 L_2^2, J_3 = m_3 L_3^2$  – физические моменты инерции сосредоточенных масс относительно осей вращения (без учета распределенных масс звеньев);  $\psi_1, \psi_2, \psi_3$  – углы поворотов звеньев, обусловленных их деформациями;  $C_1^*, C_2^*, C_3^*$  – приведенные коэффициенты жесткости звеньев при



эквивалентной замене коэффициентов изгибной жесткости коэффициентами крутильной жесткости;  $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$  – угловые ускорения (управления) звеньями, которые задаются как исходные данные (6).

Коэффициенты крутильной жесткости  $C_1^*, C_2^*, C_3^*$  получены в результате приравнивания перемещений концов консолей от изгиба и от поворота как жестких стержней в предположении, что упругие элементы локализованы на концах консолей (рис. 9).

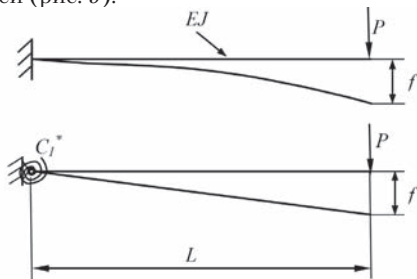


Рис. 9. Схема приведения коэффициента изгибной жесткости стержня  $C_1$  к крутильной  $C_1^*$

Действительно, при изгибе  $P = \frac{3EJ}{L^3} f$ , где  $f$  – стрела прогиба. При эквивалентной замене следует  $P \cdot L = M = \frac{3EJ}{L^3} \psi$ , где  $\psi = \frac{f}{L}$ . Таким образом, приведенный коэффициент крутильной жесткости  $C^* = \frac{3EJ}{L^3}$ , где  $E$  – модуль упругости (модуль Юнга);  $J$  – осевой момент инерции поперечного сечения стержня (геометрическая характеристика).

Из системы дифференциальных уравнений (7) получен частотный определитель:

$$\begin{vmatrix} k^2 - \frac{C_1^* + C_2^*}{m_1 L_1^2} & \frac{C_2^*}{m_1 L_1^2} & 0 \\ \frac{C_2^*}{m_2 L_2^2} & k^2 - \frac{C_2^* + C_3^*}{m_2 L_2^2} & \frac{C_3^*}{m_2 L_2^2} \\ 0 & \frac{C_3^*}{m_3 L_3^2} & k^2 - \frac{C_3^*}{m_3 L_3^2} \end{vmatrix} = 0,$$

из которого следует полином:

$$k^6 - k^4 \frac{C_3^* m_1 L_1^2 (m_3 L_3^2 + m_2 L_2^2) + C_2^* m_2 L_3^2 (m_2 L_2^2 + m_1 L_1^2) + C_1^* m_2 m_3 L_2^2 L_3^2}{m_1 L_1^2 m_2 L_2^2 m_3 L_3^2} + \\ + k^2 \frac{C_3^* C_2^* (m_1 L_1^2 + m_2 L_2^2 + m_3 L_3^2) + C_3^* C_1^* (m_2 L_2^2 + m_3 L_3^2) + C_1^* C_2^* m_3 L_3^2}{m_1 L_1^2 m_2 L_2^2 m_3 L_3^2} - \\ - \frac{C_1^* C_2^* C_3^*}{m_1 L_1^2 m_2 L_2^2 m_3 L_3^2} = 0;$$

С учетом проектируемых квадратов частот собственных колебаний  $k_1^2, k_2^2$  и  $k_3^2$  составлен сопряженный полином  $(k^2 - k_1^2)(k^2 - k_2^2)(k^2 - k_3^2) = 0$ , который преобразован к виду

$$k^6 - (k_1^2 + k_2^2 + k_3^2)k^4 + (k_1^2 k_2^2 + k_1^2 k_3^2 + k_2^2 k_3^2)k^2 - k_1^2 k_2^2 k_3^2 = 0.$$

Периоды собственных колебаний равны  $T_1 = 2\pi/k_1$ ,  $T_2 = 2\pi/k_2$ ,  $T_3 = 2\pi/k_3$ .

Приравняв коэффициенты полиномов, получим систему нелинейных алгебраических уравнений для определения в данном случае длин звеньев манипулятора:

$$- \frac{C_3^* m_1 L_1^2 (m_3 L_3^2 + m_2 L_2^2) + C_2^* m_2 L_3^2 (m_2 L_2^2 + m_1 L_1^2) + C_1^* m_2 m_3 L_2^2 L_3^2}{m_1 L_1^2 m_2 L_2^2 m_3 L_3^2} = 0; \\ - \frac{C_3^* C_2^* (m_1 L_1^2 + m_2 L_2^2 + m_3 L_3^2) + C_3^* C_1^* (m_2 L_2^2 + m_3 L_3^2) + C_1^* C_2^* m_3 L_3^2}{m_1 L_1^2 m_2 L_2^2 m_3 L_3^2} = 0; \quad (8) \\ k_1^2 k_2^2 k_3^2 - \frac{C_1^* C_2^* C_3^*}{m_1 L_1^2 m_2 L_2^2 m_3 L_3^2} = 0.$$

Общее решение системы неоднородных линейных дифференциальных уравнений, описывающих вынужденные упругие колебания звеньев манипулятора (в относительном движении), запишем следующим образом:

$$x_1(t) = D_1 \sin(k_1 t + \alpha_1) + D_2 \cos(k_2 t + \alpha_2) + \\ + D_3 \cos(k_3 t + \alpha_3) + B_1 \sin(pt);$$

$$x_2(t) = D_1 v_{21} \sin(k_1 t + \alpha_1) + D_2 v_{22} \cos(k_2 t + \alpha_2) + \\ + D_3 v_{23} \cos(k_3 t + \alpha_3) + B_2 \sin(pt);$$

$$x_3(t) = D_1 v_{31} \sin(k_1 t + \alpha_1) + D_2 v_{32} \cos(k_2 t + \alpha_2) + \\ + D_3 v_{33} \cos(k_3 t + \alpha_3) + B_3 \sin(pt),$$

где  $D_1, D_2, D_3, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, B_1, B_2, B_3 = \text{const}$ .

Коэффициенты форм колебаний вычислены согласно зависимостям

$$v_{21} = -\frac{k_1^2 J_1 - (C_1^* + C_2^*)}{C_2^*}; \quad v_{22} = -\frac{k_2^2 J_1 - (C_1^* + C_2^*)}{C_2^*}; \quad v_{23} = -\frac{k_3^2 J_1 - (C_1^* + C_2^*)}{C_2^*}, \\ v_{31} = -\frac{k_1^2 J_1 - (C_1^* + C_2^*)}{C_3^*}; \quad v_{32} = -\frac{k_2^2 J_1 - (C_1^* + C_2^*)}{C_3^*}; \quad v_{33} = -\frac{k_3^2 J_1 - (C_1^* + C_2^*)}{C_3^*}, \\ B_1 = \frac{\Phi_1 p^2}{2\pi}; \quad B_2 = \frac{\Phi_2 p^2}{2\pi}; \quad B_3 = \frac{\Phi_3 p^2}{2\pi}.$$

Исходные данные для численного эксперимента:  $m_1 = m_2 = m_3 = 10$  кг;  $E = 2 \cdot 10^{11}$  Па;  $C_1 = C_2 = C_3 = 2 \cdot 10^4$  Н/м; частоты собственных колебаний  $k_1 = 10$  с<sup>-1</sup>;  $k_2 = 20$  с<sup>-1</sup>;  $k_3 = 40$  с<sup>-1</sup>. Частотам соответствуют периоды:  $T_1 = 2\pi/k_1 = 0,628$  с;  $T_2 = 2\pi/k_2 = 0,314$  с;  $T_3 = 2\pi/k_3 = 0,157$  с.

Максимальным углом поворота звеньев  $\varphi_1^* = \pi/4$ ,  $\varphi_3^* = 2\pi/3$  соответствуют координаты схвата в конце движения:  $y_1 = 0,007$  м;  $x_1 = 2,431$  м.

Длины звеньев манипулятора при заданных массах и жесткостях найдены из системы уравнений (8):  $L_1 = 0,982$  м;  $L_2 = 0,283$  м;  $L_3 = 1,775$  м.

Общее время движения выбрано согласно общим корням трансцендентных уравнений  $\psi_1(T) = 0$ ,  $\psi_3(T) = 0$ , при которых достигается состояние покоя в конце движения:  $T = 5T_1$  с,  $p = k_1/5$  с<sup>-1</sup>.

Графики углов поворота звеньев в связи с их упругими деформациями  $\psi_1(t)$  и  $\psi_3(t)$  изображены на рис. 10, а графики относительных угловых скоростей  $\dot{\psi}_1$ ,  $\dot{\psi}_3$ , – на рис. 11.

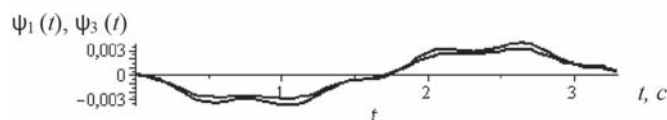


Рис. 10. Графики углов поворота в относительном движении  $\psi_1(t), \psi_3(t)$

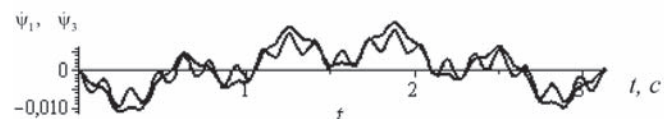


Рис. 11. Графики угловых скоростей в относительном движении  $\dot{\psi}_1, \dot{\psi}_3$

Перемещения  $\psi_1(t), \psi_3(t)$  на два порядка меньше, чем  $\varphi_1, \varphi_3$ . Из графиков следует, что в момент времени  $t = T$  достигается относительный покой звеньев, что в сочетании с переносным покоем обеспечивает в конечном положении абсолютный покой схвата манипулятора.

Малы угловые перемещения в относительном движении (по сравнению с переносным), что не позволяет совместить графики  $\varphi_1(t)$  и  $\psi_1(t)$ . Поэтому на рис. 12 (а, б) приведены только графики абсолютных ускорений как сумм:

$$\ddot{E}_1 = \ddot{\varphi}_1 + \ddot{\psi}_1, \quad \ddot{E}_3 = \ddot{\varphi}_3 + \ddot{\psi}_3.$$

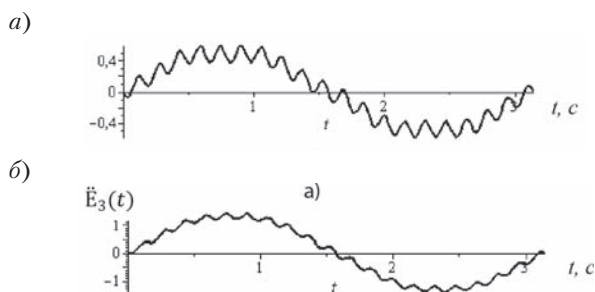


Рис. 12. Графики абсолютных ускорений звеньев  
 $E_1 = \ddot{\phi}_1 + \ddot{\psi}_1$ ,  $E_3 = \ddot{\phi}_3 + \ddot{\psi}_3$

## ВЫВОДЫ

Учет конечной жесткости звеньев отражает характер их колебаний и влияние на оптимальное движение при заданных (проектируемых) частотах собственных упругих колебаний.

Для заданных сосредоточенных масс и частот собственных колебаний найдены длины звеньев руки. На практике с изменением масс звеньев можно, например, менять физический момент инерции за счет изменения координаты дополнительной подвижной массы либо непрерывно изменять осевые моменты инерции поперечных сечений звеньев.

Рассмотренный алгоритм проектирования манипулятора с элементами конечной жесткости применим при использовании различных типов кососимметричных оптимальных управлений вращательным движением звеньев.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Пантелеев А.В., Летова Т.А. Методы оптимизации в примерах и задачах: учеб. пособие. – М.: Высшая школа, 2002. – 544 с.
2. Эльсгольц Л.Э. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление. – М.: Наука, 1965. – 424 с.
3. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов / Пер. с нем. – М.: Наука, 1981. – 720 с.
4. Крутько П.Д. Обратные задачи динамики управляемых систем: линейные модели. – М.: Наука, 1987. – 304 с.
5. Крутько П.Д. Обратные задачи динамики управляемых систем: нелинейные модели. – М.: Наука, 1988. – 326 с.
6. Солодовников В.В., Плотицкий В.Н., Яковлев А.В. Основы теории и элементы систем автоматического регулирования: учеб. пособие для вузов. – М.: Машиностроение, 1985. – 536 с.
7. Мойсеев Н.Н. Элементы теории оптимальных систем. – М.: Наука, 1975. – 528 с.
8. Карновский Н.А., Почтман Ю.М., Карновский И.А. Методы оптимального управления колебаниями деформируемых систем. – Киев: Высшая школа, 1982. – 116 с.
9. Черноусько Ф.П., Акуленко Л.Д., Соколов Б.Н. Управление колебаниями. – М.: Наука, 1980. – 384 с.
10. Черноусько Ф.П., Болотник Н.Н., Градецкий В.Г. Манипуляционные роботы: Динамика, управление, оптимизация. – М.: Наука, 1989. – 368 с.
11. Акуленко Л.Д., Михайлов С.А., Сатовская О.Л. Динамические модели упругих манипуляционных роботов. – М.: Изд-во Ин-та проблем механики АН СССР, 1988. – 46 с.
12. Дорф Г., Бимон Р. Современные системы управления / Пер. с англ. Б.И. Крылова. – М.: Лаборатория базовых знаний, 2002. – 832 с.
13. Тимошенко С.П., Янг Д.Х., Уивер У. Колебания в инженерном

деле. – М.: Наука, 1985. – 496 с.

14. Бернштейн С.А. Основы динамики сооружений. – М.: Госстройиздат, 1938. – 160 с.
15. Пановко Я.Г. Основы прикладной теории колебаний и удара. – Л.: Машиностроение, 1976. – 320 с.
16. Бидерман В.Л. Прикладная теория механических колебаний. – М.: Высшая школа, 1972. – 416 с.
17. Василенко Н.В. Теория колебаний. – К.: Вища шк., 1992. – 430 с.
18. Карновский И.А., Почтман Ю.И. Методы оптимального управления колебаниями деформируемых систем. – Киев: Вища шк., 1982. – 116 с.
19. Пановко Я.Г., Губанова И.И. Устойчивость и колебания упругих систем. Современные концепции, парадоксы и ошибки. – М.: Наука, 1979. – 384 с.
20. Бохонский А.И., Макухина Г.Г., Хащин Ю.А. Расчет и проектирование исполнительных органов манипуляторов: учеб. пособие. – Киев: УМК ВО, 1989. – 132 с.
21. Бохонский А.И. Новые задачи оптимального управления в механике // Научные труды факультета естественных наук. – Севастополь: Изд-во СПИ, 1993. – Вып. 1. – С. 42–48.
22. Бохонский А.И., Варминская Н.И., Мозолевский М.И. Оптимальное управление переносным движением деформируемых объектов: теория и технические приложения / Под общ. ред. А.И. Бохонского. – Севастополь: Изд-во Сев ГТУ, 2007. – 296 с.
23. Бохонский А.И., Варминская Н.И. Вариационное и реверсионное исчисления в механике / Под общ. ред. А.И. Бохонского. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2012. – 212 с.
24. Бохонский А.И. Актуальные задачи вариационные исчисления. – Palmarium Academic Publishing, 2013. – 77 p.
25. Buchacz Andrzej, Bokhonsky Aleksandr, Placzek Marek, Wrobel Andrzej. Modelling and investigation of discrete-continuous vibrating mechatronic systems with damping. – Gliwice: Wydawnictwo Politechniki, 2013. – 207 p.
26. Бохонский А.И. Реверсионный принцип оптимальности. – М.: Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2016. – 174 с.
27. Bokhonsky A.I., Zolkiewski S.Y. Modelling and analysis of elastic system in motion. – Gliwice: Wydawnictwo Politechniki, 2011. – 171 p.
28. Воронов А.А. Теория автоматического управления. Ч.П. Теория нелинейных и специальных систем автоматического управления. – М.: Высшая школа, 1977. – 288 с.
29. Бохонский А.И. Энергоемкость управления перемещением объектов // Фундаментальные основы механики: Мат-лы междунар. науч.-практ. конф. – Новокузнецк: НИЦ МС, 2017. – №2. – С. 38–41.
30. Бохонский А.И., Майстришин М.М., Рыжков А.И. Оптимальное перемещение упругого объекта с учетом в относительном движении линейно-вязкого сопротивления. – Современные проблемы теории машин: Мат-лы Международ. науч.-техн. конф. – Новокузнецк: НИЦ МС, 2017, с. 7–9.
31. Бохонский А.И., Рыжков А.И. Конструирование управляемого движения объекта. – Мехатроника, автоматика и робототехника: Мат-лы Международ. науч.-технич. конф. – Новокузнецк: НИЦ МС, 2017, с. 64–69.
32. Бохонский А.И. Оптимальное перемещение упругого объекта в полярных координатах // Мат-лы Международ. науч.-практич. конф. – СПб.: СПбФ НИЦ МС, 2018. – №1. – С. 6–8.
33. Бохонский А.И., Варминская Н.И., Мозолевская Т.В. Управление движением системы с заданными частотами // Мехатроника, автоматика и робототехника. – Мат-лы Международ. науч.-техн. конф. – Новокузнецк: НИЦ МС, 2018. – №2. – С. 7–13.
34. Варминская Н.И. Анализ форм движения антропоморфного манипулятора // Автоматизация и измерения в машино-приборостроении: науч. журнал. – Брянск: Изд-во БГТУ, 2019. – №2 (6). – С. 10–19. ■



## ВВЕДЕНИЕ

Акционерное общество «Концерн «Научно-производственное объединение «Аврора» – ведущее приборостроительное предприятие судостроительной отрасли России. Основное направление деятельности – разработка и изготовление комплексных систем автоматизированного управления техническими средствами морских объектов. В настоящее время АО «Концерн «НПО «Аврора» (далее – Общество, концерн) представляет собой одно из системообразующих предприятий судостроительной промышленности, обеспечивающих научно-технические разработки на уровне ведущих мировых компаний.

Основные направления деятельности Общества на рынке корабельной и судовой автоматики:

- интегрированные и комплексные системы управления кораблей и судов, их технических средств, системы морской автоматики;
- системы динамического позиционирования, системы управления движением;
- интегрированные мостиковые системы;
- автоматизированные системы управления техническими средствами кораблей и судов (управление главными энергетическими установками, электроэнергетическими системами, общекорабельными системами, техническими средствами движения);
- автоматизированные системы боевого управления;
- системы управления морскими объектами для освоения континентального шельфа, создание автономных необитаемых подводных аппаратов (АНПА);
- тренажеры и другие средства обучения экипажей.

История АО «Концерн «НПО «Аврора» восходит к началу эпохи автоматизации кораблей и судов отечественного флота и напрямую связана с его развитием. Условно можно выделить следующие периоды развития средств автоматизации кораблей и судов:

- локальных регуляторов;
- локальных систем управления отдельными видами корабельного оборудования;
- комплексной автоматизации кораблей и судов, связанной с появлением атомных подводных лодок (АПЛ), надводных кораблей (НК) с ЯЭУ, ледоколов с ЯЭУ;
- создания интегрированных систем управления, координирующих управление техническими средствами и оружием, а также судовождение.

# СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ АО «КОНЦЕРН «НПО «АВРОРА»

**К.Ю. Шилов**, д-р техн. наук, ген. директор АО «Концерн «НПО «Аврора»,  
контакт. тел. (812) 297 2311



Сегодня мы – на пороге создания беспилотных и малоэкипажных подводных и надводных кораблей, автоматических (безэкипажных) морских транспортных средств.

В настоящей статье не дублируются и не пересматриваются фрагменты пятидесятилетней истории, подробно изложенные в [1–5]. Ее цель – показать научно-технические достижения последнего десятилетия, а главное – обозначить направления дальнейшего развития концерна.

## НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ КОНЦЕРНА

Цель АО «Концерн «НПО «Аврора» – динамичное устойчивое и сбалансированное развитие, обеспечивающее:

- сохранение и укрепление конкурентных позиций на рынке морских информационно-управляющих систем, в том числе и расширение сфер деятельности как за счет новых направлений автоматизации технологических процессов, так и за счет увеличения процента собственных работ по наиболее наукоемким направлениям;
- повышение эффективности корпоративного управления;
- высокую прибыльность бизнеса;
- продвижение инновационных продуктов и работ для поддержания в исправном состоянии находящихся в эксплуатации систем автоматизации;
- улучшение условий и повышение оплаты труда персонала;
- охрану окружающей среды.

Ниже обозначены основные направления научного, технического и технологического развития Общества.

## СОЗДАНИЕ НОВЫХ ПРОДУКТОВ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТРАДИЦИОННОЙ ПРОДУКТОВОЙ ЛИНЕЙКИ

Инновационная деятельность – необходимое условие успешного развития НПО «Аврора», которая базируется на поиске и внедрении новых продуктов, технологий, методов управления бизнес-процессами и организационными процессами [7].

В сфере создания наукоемкой продукции, к которой относятся системы управления морскими объектами, основными целями инновационной и научно-технической деятельности являются разработка, выпуск и коммерциализация новых видов продуктов, технологий и услуг, обеспечивающих повышение конкурентоспособности, качества, снижение себестоимости.

К новым продуктам Общества следует отнести:

- весь спектр применяемых на морских объектах источников информации, которые взаимодействуют с системами управления и судовождения и в ряде случаев являются их составными частями;
- наборы цифровых средств с новыми характеристиками, вытекающими из современного состояния разработки электронной компонентной базы (ЭКБ);
- оптические и оптоэлектронные приборы обработки и передачи информации;
- системы управления новыми технологическими процессами либо техническими средствами, например, СУ воздушной независимой энергетической установки;
- новые наукоемкие продукты, пригодные для продажи на открытом рынке, такие как АНПА, МРТК и т.д.

Пути совершенствования традиционных выпускаемых приборов, систем, интегрированных систем определяются как формальными обстоятельствами, новыми требованиями технических заданий и появлением новых функций у объектов управления, так и необходимостью технического, дизайнерского совершенствования, повышения коммерческой привлекательности.

Для атомных ледоколов это должны быть:

- формирование систем управления, способствующих сокращению чис-



**Система динамического позиционирования**

ленности экипажа (например, путем обеспечения безвахтенного обслуживания ЦПУ в условиях нормальной эксплуатации ЯЭУ с всемерным развитием средств самодиагностики аппаратуры);

- включение в поставку систем управления концерна датчиков и сигнализаторов (в объеме, как минимум, серийно изготавливаемых в настоящее время концерном – ДСС, КТ-6, КСПКВ, в перспективе с добавлением регулирующих клапанов и локальных щитов управления оборудованием объекта);
- формирование технических предложений по поставке единых интегрированных комплексов (ИАСУ ТП) управления судов с ЯЭУ и ПЭБ без деления на системы управления.

Совершенствование систем управления и приборов для гражданских морских объектов должно опираться на современную ЭКБ с учетом возможности преодоления политических санкций в отношении РФ. При этом необходимо ориентироваться на максимальную загрузку производственных мощностей предприятия, последовательно отказываясь от покупных микроконтроллерных наборов либо приобретая лицензии на их производство.

Совершенствование технических средств обучения, в том числе тренажеров, требует:

- создания Концепции построения бортовых тренажеров (БТ) как неотъемлемой части учебно-тренировочных средств корабля, технической структуры и программного обеспечения БТ НК и ПЛ;
- создания тренажеров по принципу «пустого пульта» (при полном его внешнем сходстве со штатным АРМ оператора). Внутри – ПЭВМ общего промышленного назначения, штатные модули – отсутствуют;
- моделирования факторов внешней среды, влияющих на работу технических средств, имитируемых тренажером, и психофизиологическое состояние оператора. Включение в состав тренажерных средств комплекта аппаратуры для определения порогов эмоциональной и стрессовой устойчивости, типов высшей нервной деятельности, уровня обученности.

Концерн продолжает работать над совершенствованием аппаратно-программных средств серийных АСУ (КСУ) кораблей четвертого поколения, прежде всего за счет:

- создания «активных» диагностируемых и контролепригодных периферийных устройств управления техническими средствами морских объектов, обеспечивающих корректное взаимодействие с системами управления верхнего уровня;
- создания унифицированных компонентов систем управления морскими объектами (модули, типовые приборы), обеспечивающих максимально возможное импортозамещение;
- формирования новых структурных решений, которые повлекут за собой изменение элементной базы, создание новых линеек типовых приборов и модулей;
- создания аппаратно-программной платформы в обеспечение реализации СУ ТС на отечественной ЭКБ.

Перспективным направлением является расширение использования уни-

кального опыта, полученного концерном при создании систем обмена данными (СОД) КСУ (АСУ) ТС. Основное направление здесь – обеспечение возможности самостоятельной поставки СОД.

СОД самостоятельной поставки (СП) должна обеспечивать обмен информацией между взаимодействующими системами корабля или судна, поддерживая резервированную, распределенную многосвязную структуру (топологию), способную к передаче данных при трех поврежденных линиях связи. Структура СОД СП и распределение ее приборов по заказу должны обеспечивать надежный обмен информацией согласно внутрисистемным и межсистемным протоколам взаимодействия систем, подключаемых к СОД СП, и не ухудшать их живучесть.

СОД СП должна обеспечивать минимизацию требований по отладке и настройкам, программное обеспечение СОД СП должно быть независимым от операционной системы (кроссплатформенным) и организации сетевого обмена для абонентов подключаемых систем.

## **ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ – КЛЮЧЕВОЕ НАПРАВЛЕНИЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ КОНЦЕРНА**

Научно-техническая политика НПО «Аврора» нацелена на эффективное использование и развитие информационных технологий (ИТ), применяемых в процессах проектирования, в ИТ-инфраструктуре концерна.

Цель его научно-технической политики – это снижение трудоемкости проектных работ, повышение качества реализуемых проектов.

Научно-техническая политика в области ИТ направлена на выработку совокупности технических требований и рекомендаций, которые дополняют действующие в Обществе нормативные документы и определяет правила унификации и типизации технологий и оборудования для сбора, обработки и хранения информации и развитие ИТ-инфраструктуры, объединяющей территориально распределенные информационные системы и ресурсы.

Основные направления совершенствования проектной деятельности:

- согласованное развитие ИТ, используемых в процессах проектирования;
- типизация и унификация задействованных элементов ИТ-инфраструктуры.

Проектная деятельность осуществляется посредством единой ИТ-инфраструктуры, охватывающей кабельные сети связи и передачи данных, системы оперативно-диспетчерского управления, серверное оборудование, базовые информационные сервисы и системы информа-



**Тренажеры операторов электромеханической боевой части ПЛ**





**Учебный центр для подготовки экипажей ПЛ**

ционной безопасности. Единая ИТ-инфраструктура должна обеспечивать сбор, передачу, обработку и хранение данных результатов проектной деятельности.

На основании анализа существующих информационных потоков их состава и структуры, источников возникновения информации, требований к ее передаче, обработке и хранению должна быть создана единая информационно-логическая модель, отражающая ход процессов проектирования в Обществе.

Для согласованного развития информационных систем необходимо использовать единую информационно-логическую модель данных, централизованные справочники, единые принципы и технологии интеграции, принципы единой точки ввода данных. Ввод одних и тех же данных в разные информационные системы должен быть исключен. Комплекс используемых информационных систем должен обеспечивать автоматизацию процессов проектной деятельности и быть сопряжен с информационными системами управления финансово-экономической деятельностью концерна.

Функциональность применяемых для проектирования информационных систем должна определяться количеством и составом охватываемых информационных потоков.

При планировании внедрения и развития используемых при проектировании информационных систем должны учитываться аппаратные ресурсы их функционирования на протяжении всего жизненного цикла, включая эксплуатацию и вывод из эксплуатации.

Комплекс информационных систем должен обеспечивать прозрачный обмен информацией между его компонентами. Их внедрение и использование информационных систем должно осуществляться в соответствии с требованиями законодательства об интеллектуальной собственности и информационной безопасности.

Для информационных систем, разработанных в концерне и используемых для его нужд, должны быть обеспечены условия получения правоустанавливающих документов путем регистрации исключительных прав собственности.

Организация разработки сложной наукоемкой техники требует построения сквозного процесса проектирования, включающего строгую последовательность взаимосвязанных операций, выполняемых специалистами разных инженерных областей.

Современные подходы к организации, построению и управлению информационно-вычислительными средами разработки предполагают отказ от понятий «отдельное приложение» или «отдельный программно-аппаратный комплекс». Вместо этого современные подходы оперируют понятиями консолидированных «ИТ-сервисов» и «ИТ-ресурсов».

В Обществе активно ведутся работы, цель которых [8]:

- внедрение системы автоматизации управления проектами, планирования и распределения работ до уровня загрузки структурных подразделений и конкретных сотрудников;
- формирование единого информационного пространства на основе комплексной информационной системы, интегрирующей основные бизнес-процессы;
- совершенствование технологии создания и сопровождения программного обеспечения (ПО) за счет совершенствования инструментальных средств разработки общесистемного и функционального ПО, внедрения современных технологий комплексной отладки ПО, регулировочно-наладочных работ, сдачи на стендах и на заказах;
- интеграция автоматизированных систем проектирования с автоматизи-

рованной системой технологической подготовки производства;

- разработка эксплуатационной и ремонтной документации в электронном виде, нормативных документов по оформлению и выпуску электронной документации, в том числе по требованиям инозаказчика;
- разработку и выпуск каталожных описаний и каталогов продукции;
- определение рациональной стратегии обеспечения запасными инструментами и приспособлениями, формирование страхового запаса комплектующих, гарантийное и фирменное техническое обслуживание созданных систем, в том числе систем, эксплуатирующихся за рубежом.

## **ТЕХНОЛОГИИ В ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СФЕРЕ**

Инновационное развитие Общества как компании, создающей современные системы управления техническими средствами морских объектов, невозможно без модернизации производства, которая учитывала бы новейшие достижения науки, техники и технологий.

Спецификой работ Общества в области проектирования и изготовления систем автоматизации технических средств является то, что большинство разрабатываемых систем относятся к мелкосерийным (до семи-восьми изделий) и единичным образцам. Это связано в первую очередь с темпом строительства кораблей и судов. Кроме того, электронная компонентная база, на основе которой осуществляется создание современных цифровых систем, имеет интенсивные циклы обновления.

Современные тенденции создания средств автоматизации на базе аппаратно-программных комплексов определяют распределение трудозатрат, при котором более 40% работ приходится на разработку и отладку ПО. Это, в свою очередь, формирует требования к гибкости производственных процессов, позволяющих выполнять их перестройку под быстро изменяющиеся требования рынка.

Такое высокомобильное производство создано и совершенствуется в Обществе уже несколько лет. Фундаментом его совершенствования является автоматизация процессов разработки и изготовления систем управления на базе взаимоувязанных технологий, специализации предприятий концерна по технологическим переделам, единого информационного пространства. Центром интеграции научного и производственного потенциала является головная компания Общества.

Производственные процессы в головной компании осуществляется по следующим направлениям:

- развитие производственного комп-

лекса как производства, обеспечивающего выпуск и поставку финишной продукции – систем и приборов корабельной и судовой автоматики, датчиков и сигнализаторов, приборов контроля параметров среды;

- развитие производственной кооперации и специализации с передачей серийного изготовления составных частей изделий и части технологических процессов на серийные заводы и предприятия-смежники, с которыми имеются долгосрочные соглашения о кооперации;
- модернизация технологических процессов и оборудования производственных комплексов предприятий Общества на основе закреплённой специализации;
- взаимная адаптация станочного парка, оборудования и технологических процессов с электронной формой разработки и представления конструкторской документации;
- совершенствование автоматизированной системы управления производственными процессами;
- повышение точностных характеристик применяемых технологий и оборудования до значений, соответствующих передовым технологиям производства по аналогичным группам изделий.

Реализация данного подхода позволяет осуществлять крупноузловую сборку и монтаж систем управления в целом путем комплексирования покупных и самостоятельно изготавливаемых комплектующих и приборов, а также отладку систем на универсальных специализированных стендах. Для этого разработка конструкторской документации ведется изначально с учетом следующих требований:

- обеспечение высокой степени унификации приборных конструктивов;
- реализация систем управления на базе систем цифровой автоматики с использованием крайтовых конструкций.

## НАУЧНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ И НАУЧНЫЕ ШКОЛЫ

В Обществе постоянно ведется подготовка соискателей ученой степени кандидата наук и соискателей докторской степени. Защиты диссертаций проводятся Специализированным диссертационным советом. В состав Совета помимо 11 докторов наук, работающих в НПО, входят 11 докторов наук, представляющих Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербургский горный университет, Национальный исследовательский университет ИТМО, Санкт-Петербургский государственный морской технический университет.



АНПА на выставке

Организуются научно-технические конференции, семинары. В частности, большую известность и авторитет в отрасли приобрела Научно-техническая конференция молодых специалистов «Корабельные системы управления и обработки информации. Проектирование и изготовление», проводимая концерном ежегодно с 2010 г. Материалы конференций издаются в виде отдельных специализированных сборников и в научно-техническом сборнике «Системы управления и обработки информации», который с ноября 2019 г. вошел в перечень ВАК.

Сформированная научная среда стимулирует сотрудников Общества к активной научной деятельности. Творческая активность его соискателей поддерживается, в том числе, дополнительными материальными стимулами.

В структуре концерна организована и успешно функционирует базовая кафедра Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого «Корабельные информационно-управляющие системы». Цель ее создания состоит в разработке и реализации совместно с институтами Политехнического университета программ целевой подготовки магистров и бакалавров применительно к потребностям нашего предприятия.

В Обществе сложились признанные в России и за рубежом научные школы по следующим направлениям:

- корабельные системы управления [1, 9];
- боевые информационно-управляющие системы [1, 5];
- системы управления электроэнергетическими установками [1, 5];
- интеллектуальные технические средства обучения [10, 11];
- системы управления ЯЭУ [1, 5];
- технологии разработки программного обеспечения [1, 12];
- корабельная аппаратура [1, 5].

Развитая научная инфраструктура создает предпосылки для инновационного развития Общества в будущем и позволяет надеяться на его дальнейшее развитие.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Шилов К. Ю., Губанов Ю. А. 50 лет НПО «Аврора» (1970–2020 гг.). – СПб.: АО «НПО «Аврора», 2020. – 264 с.
2. История становления и развития НПО «Аврора» (1945–2002)/Под ред. проф. В. В. Войтецкого. – СПб.: ФГУП «НПО «Аврора», 2005. – 177 с.
3. Системы управления и обработки информации: Сб. статей, посвященных 40-летию НПО «Аврора»/Под ред. проф. В. В. Войтецкого. – СПб.: ОАО «НПО «Аврора», 2010. – 304 с.
4. Концерн НПО «Аврора» – 40 лет успеха: Специальное издание. – СПб.: ОАО «Концерн НПО «Аврора», ООО «ИС-Медиа», ООО «Лагук-Медиа», 2010. – 38 с.
5. Шилов К. Ю., Войтецкий В. В. Становление и развитие научно-производственного объединения «Аврора» // Морской вестник. – 2010. – № 1. – С. 23–25.
6. Шилов К. Ю. Основные направления развития корабельных цифровых систем управления // Морская радиоэлектроника. – 2016. – № 1 (55). – С. 14–20.
7. Шилов К. Ю., Антипов В. В., Бобрович В. Ю. Основные направления инновационного развития ОАО «Концерн НПО «Аврора» // Системы управления и обработки информации: Науч.-техн. сб./ОАО «Концерн НПО «Аврора». – 2011. – Вып. 22. – С. 3–13.
8. Шилов К. Ю. Технические и технологические направления развития цифровых систем морской радиоэлектроник // Системы управления и обработки информации: Науч.-техн. сб./ОАО «Концерн НПО «Аврора». – 2015. – Вып. 31. – С. 3–17.
9. Шилов К. Ю. Опыт разработки перспективной комплексной системы управления техническими средствами // Морской вестник. – 2018. – № 3 (67). – С. 93–95.
10. Шилов К. Ю., Кобзев В. В. Методы создания технических средств обучения корабельных операторов. – СПб.: Наука, 2005. – 156 с.
11. Шилов К. Ю. Интеллектуальные тренажеры ОАО «Концерн НПО «Аврора». – Межотраслевой альманах. – М.: Славича. – 2014. – С. 16–18.
12. Шилов К. Ю., Федоров С. В., Строкин К. О. Технология отладки программного обеспечения корабельных автоматизированных систем управления на основе компьютерного моделирования // Морской вестник. – 2019. – № 4 (72). – С. 93–95.
13. Шилов К. Ю., Черныш Ю. Н. Организация производства гражданской морской техники ОАО «Концерн НПО «Аврора» // Системы управления и обработки информации: Науч.-техн. сб./ОАО «Концерн НПО «Аврора». – 2010. – Вып. 19. – С. 195–202. ■



**В** настоящее время АО «Компонент-АСУ» – основной производитель составных частей для комплексирования вычислительной техники разработки АО «Концерн «НПО «Аврора», таких как центральные пульты управления, периферийные приборы (СЛТ, ПВВИ, ПВУ) и местные пульты управления.

По состоянию на конец 2019 г. номенклатура изделий, поставляемых АО «Компонент-АСУ», составляет 530 исполнений.

Для создания систем 3, 4 и 4+ поколения в АО «Компонент-АСУ» были разработаны, изготовлены и испытаны 68 типов модулей. На базе этих модулей ведется разработка вычислительной части аппаратуры, обеспечивающей реализацию заданных ТЗ функций систем управления.

На начальном этапе разработки указанной номенклатуры модулей компонентная база (ЭКБ), изготавливаемая отечественными предприятиями, не позволяла в полной мере реализовать требования технических заданий из-за отсутствия ЭКБ с необходимыми техническими параметрами и характеристиками. Для построения системы управления на основе вычислительных приборов и высокоскоростных последовательных интерфейсов передачи данных основная масса модулей была разработана на основе импортных составных частей и комплектующих изделий.

#### Типы модулей разработки АО «Компонент-АСУ»

| Функциональное назначение        | Количество типов модулей |
|----------------------------------|--------------------------|
| Мезонинные модули.....           | 23                       |
| Процессорные модули .....        | 14                       |
| Кроссплаты.....                  | 3                        |
| Модули выходных усилителей ..... | 3                        |
| Источники питания.....           | 3                        |
| Моноблочные вычислители.....     | 5                        |
| Другие типы модулей.....         | 17                       |

Для выполнения требований по технологической безопасности и программы импортозамещения в АО «Концерн «НПО «Аврора» совместно с АО «Компонент-АСУ» были развернуты работы по замещению модулей, комплекслируемых ранее из составных частей импортного производства (рис. 1).

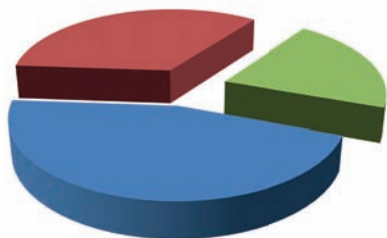


Рис. 1. Типы модулей

■ – процессорные модули; ■ – мезонинные модули; ■ – остальные типы модулей

## О ПРОГРАММЕ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ В ИЗДЕЛИЯХ АО «КОНЦЕРН «НПО «АВРОРА»

**К.Ю. Шилов**, д-р техн. наук, ген. директор АО «Концерн «НПО «Аврора»,  
контакт. тел. (812) 297 2311



Фрегат пр. 11356 (первая тройка) – разработки 1999–2000 гг. Конструкторская документация разработана без использования продукции АО «Компонент-АСУ», вычислительная часть приборов и пультов управления – на базе импортных покупных модулей.

Фрегат пр. 11356 (вторая и третья тройки) – разработки 2008–2009 и 2012–2013 гг., а КСУ ТС «Булат-Я» – разработки 2006–2008 гг. Конструкторская документация подготовлена с использованием продукции АО «Компонент-АСУ», вычислительная часть приборов и пультов управления – на базе процессорных модулей с использованием покупных заготовок и доработкой их до конечного состояния на

производстве АО «Компонент-АСУ». Мезонинные модули изготовлены АО «Компонент-АСУ».

«Булат-Я.1» – разработка 2014–2015 гг. Вычислительная часть (процессорные и мезонинные модули), а также ряд других ключевых модулей изготовлены АО «Компонент-АСУ» (таблица).

Общее количество модулей, примененных в системах КСУ ТС, в сравнении с аналогичными заказами, разработанными в разное время, в среднем уменьшается на 10% благодаря замещению модулей, предложенных на основе импортных составных частей, на модули собственной разработки с учетом специфики заказа, опти-

Таблица

Соотношение модулей изготовления АО «Концерн «НПО «Аврора» и АО «Компонент-АСУ» на примере нескольких заказов

| Изготовитель                                      |                | Фрегат пр.11356 (1-я тройка) | Фрегат пр.11356 (2-я, 3-я тройка) | КСУ ТС «Булат-Я» | КСУ ТС «Булат-Я.1» |
|---------------------------------------------------|----------------|------------------------------|-----------------------------------|------------------|--------------------|
| АО «Концерн «НПО «Аврора» и остальные контрагенты | Кол-во модулей | 2153                         | 1213                              | 2972             | 2147               |
|                                                   | Кол-во типов   | 89                           | 52                                | 171              | 124                |
| АО «Компонент- АСУ»                               | Кол-во модулей | 0                            | 303                               | 677              | 1173               |
|                                                   | Кол-во типов   | 0                            | 15                                | 39               | 59                 |
| Общее количество                                  | Итого модулей  | 2153                         | 1516                              | 3649             | 3320               |
|                                                   | Итого типов    | 89                           | 67                                | 210              | 183                |

мально использующие свои программно-аппаратные возможности.

В рамках работ по импортозамещению при разработке КСУ ТС «Булат-Я.1» были достигнуты следующие результаты:

- обеспечена полная замена процессорных модулей на модули собственной разработки;
- достигнута локализация производства на уровне 90% (10% остается на процессорный мезонин производства Congatec, форм-фактор COM Express type 6);
- обеспечена замена мезонинов и мезонинных модулей на изделия собственной разработки на уровне 99% с аналогичным показателем локализации производства;
- обеспечена замена покупных кроссплат на изделия собственной разработки.
- разработаны и внедрены модули выходных усилителей для систем важных для безопасности.



го поколения для высокоскоростных интерфейсов).

Отдельно стоит отметить, что на настоящий день появились процессорные мезонины отечественного производства («Миландр») с заявленной совместимостью стандарта

цессорных мезонинов позволит достичь локализации производства до 100%, а в перспективных разработках (при разработке новых процессорных модулей) обеспечит почти стопроцентное импортозамещение (за исключением комплектующих изделий, не изготавливаемых в России).

Результаты работ по обеспечению технологической безопасности и импортозамещению в рамках создания КСУ ТС «Булат-Я.1»:

- обеспечена полная замена процессорных модулей на модули собственной разработки. При этом достигнута локализация производства на уровне 90% (в 2000 г. – 0%, в 2006, 2012 гг. – 30%, в 2014 г. – 90%);
- обеспечена замена мезонинов и мезонинных модулей на изделия собственной разработки на уровне 99% с аналогичным показателем локализации производства.
- обеспечена замена покупных кроссплат на изделия собственной разработки.
- разработаны и внедрены уникальные модули выходных усилителей для систем, важных для обеспечения безопасности при отсутствии в них скрытого отказа. ■



Также для возможности восполнения ЗИП заказов, находящихся в эксплуатации, были разработаны собственные аналоги импортных процессорных модулей и других ключевых элементов.

Существующее состояние элементной базы отечественного производства позволяет начать разработку аналогов мезонинов и носителей мезонинов полностью на отечественной элементной базе с заменой один в один, а также вести проработки облика систем управления и процессорных модулей с использованием комплектующих изделий отечественного производства. За исключением изделий, не изготавливаемых на территории России, таких как оперативная память типа DD3 и т.п. (микросхемы nand-flash, приемопередатчики ново-

COM Express type 6, используемого в современном процессорном модуле типа K42. Применение данных про-





Принятая в судостроении технология предполагает проведение необходимых проверок создаваемых изделий на этапах проектирования, автономных и комплексных испытаний судового электрооборудования [1]. Цель проведения проверок – установление соответствия изделия техническому заданию, достижение требуемого качества изготовления, выявление и устранение некачественных технических решений, т. е. комплексное решение основных вопросов обеспечения качества, надежности и безопасности функционирования электрооборудования.

В результате анализа отказов аппаратуры судовых систем было выявлено влияние неблагоприятных факторов, получивших название *дефекта допусков*, и субъективных ошибок операторов при проведении контроля, испытаний и отработки судовой аппаратуры, заключающихся в *снижении достоверности* контроля. Исследования показали, что оба эти фактора могут быть исключены внедрением автоматизированного контроля [2].

Повышение достоверности обнаружения отказов и неисправностей при изготовлении судовой аппаратуры представляет собой один из основных путей обеспечения качества и предотвращения отказов и дефектов производства при эксплуатации, что напрямую связано с безопасностью использования судового оборудования [3].

Судовая аппаратура представляет собой совокупность приборов и устройств, обеспечивающих реализацию заданных режимов функционирования судна. Взаимосвязь приборов и устройств между собой и их электропитание от бортовых источников электроэнергии осуществляется с помощью бортовой кабельной сети, в состав которой входят различные соединительные кабели и жгуты. Бортовую кабельную сеть без преувеличения можно назвать «кровеносной системой» любого судна [4]. Как проектирование нового, так и модернизация уже существующего изделия обязательно влекут за собой разработку и последующее изготовление новых кабелей и жгутов. Анализ отказов позволяет определить перечень мероприятий, проведение которых обеспечит дальнейшее повышение качества электрооборудования, особенно его надежности, живучести и эффективности. Серьезные проблемы связаны с ошибками при изготовлении коммутационных изделий соединительных кабелей и жгутов. Такими ошибками могут быть обрывы, лишние связи, перепутывания, короткие замыкания.

В литературе и отчетах об испытаниях обобщен большой статистический

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СУДОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Д.А. Кондратьев, начальник НИЛ,  
А.Г. Юрескул, канд. техн. наук, начальник НТЦ,  
АО «Концерн «Гранит-Электрон»,  
контакт. тел. (812) 445 0829

материал об отказах [5]. Распределение отказов различных систем приведено ниже, как и возникновение отказов в целом по изделию.

Известно, что 15–30% всех отказов изделий в эксплуатации обусловлено технологическими факторами. Основными причинами отказов, выявляемых при сдаче изделия на заводе-изготовителе и в процессе эксплуатации, являются обрывы проводов, вызванные несовершенством технологии выполнения монтажей (некачественная пайка, натяг проводов, недопустимый изгиб электрожгутов, надрез токоведущих и т. п.) и расположение монтажей в зонах повышенных температур и вибраций.

| Распределение отказов систем           | Распределение отказов, % |
|----------------------------------------|--------------------------|
| Радиотехническое оборудование          | 28                       |
| Электрооборудование (ЭО)               |                          |
| и кабельные сети                       | 40,1                     |
| Силовая установка                      | 12,3                     |
| Приборное и навигационное оборудование | 7,4                      |
| Прочие                                 | 12,2                     |

### Распределение отказов вследствие возникновения неисправности

| Причины неисправностей                         | Распределение отказов, % |
|------------------------------------------------|--------------------------|
| Конструктивные                                 | 20                       |
| Производственные                               | 30                       |
| Дефекты покупных комплектующих элементов (ПКИ) | 43                       |
| Эксплуатационные                               | 7                        |

Выявление отказов на этапе комплексных испытаний изделия контрольно-испытательной аппаратурой связано со значительными затратами на их обнаружение и локализацию, причем эти затраты тем выше, чем выше уровень иерархии испытаний. По иностранным данным [6], с ростом сложности самих систем растут также расходы на их тестирование. В результате эти расходы могут даже превышать все остальные производственные затраты. Наличие контрольно-проверочных комплексов (КПК) или систем диагностирования (СД) – необходимое условие для успешного ввода в эксплуатацию сложных технических объектов, имеющих большое количество критичных параметров. К ним можно отнести практически все судовые системы. КПК для этих объектов контроля обычно проектируются и создаются параллельно разработ-

ке самих объектов. Также КПК в том или ином виде используются на многих этапах разработки новых систем, в том числе при проведении автономных испытаний, приемо-сдаточных испытаний, испытаний входного контроля и комплексных испытаний.

Современные КПК сложных технических объектов включают в себя большое количество разнообразной измерительной аппаратуры, управляющие ЭВМ, средства коммуникации с объектом контроля, специализированные программные средства. При создании таких КПК возникает множество проблем, в число которых входит согласование большого количества разнообразных аппаратных и программных протоколов, по которым осуществляется взаимодействие между подсистемами внутри комплекса.

Контроль и диагностика в настоящее время – одни из важнейших задач, возникающих при создании сложных судовых систем. Во всех технически развитых странах предпринимаются попытки унифицировать процессы разработки и эксплуатации сложных КПК, повысить коэффициент повторно используемых аппаратных и программных элементов, создать технологию разработки надежных, открытых к расширению систем диагностирования (СД). Создание и применение подобных технологий позволит повысить общую эффективность высокотехнологичных отраслей, расширить сферы применения сложной техники. Более того, очевидно, что дальнейший прогресс в данных областях невозможен без широкого применения средств автоматизации при подготовке и проведении диагностических операций. Большое внимание уделяется достоверности контроля, разработаны подходы по оценке различных причин, порождающих его недостоверность [7].

Испытания кабельной продукции с целью установки степени соответствия электрического монтажа проверяемого объекта его электрической схеме можно проводить путем ручной прозвонки. Но этот метод проверки электрических кабелей занимает много времени и не обеспечивает должного качества кабельной продукции.

С целью повышения производительности и замены ручного труда автома-

АСКМ электрооборудования

| Наименование системы        | Производитель                           |
|-----------------------------|-----------------------------------------|
| Тестеры «Лиана»             | ООО «НПО «Радиян» (Санкт-Петербург)     |
| АСК-МКИ                     | АО «Ижевский мотозавод «Аксион-холдинг» |
| «Тест 9110 VXi»             | Холдинг «Информтест» (Зеленоград)       |
| Synor 5000                  | Sefelec (Франция)                       |
| Weetech W434 и Weetech W454 | WEETECH GmbH (Германия)                 |
| Тестеры МК                  | MK Test Systems Ltd. (Великобритания)   |

тикой разрабатываются и внедряются автоматизированные установки диагностики электрических кабелей. Для проведения автоматизированных проверок контролируемых цепей электрооборудования на заводе-изготовителе при приемо-сдаточных испытаниях, а также при входном контроле, перед монтажом оборудования на месте эксплуатации и после него, были разработаны СД.

В настоящее время к СД, используемым при изготовлении кабельно-жгутовой продукции электрооборудования для судов, предъявляются следующие требования:

- универсальность, заключающаяся в возможности определения всех основных диагностируемых параметров кабельных сетей объекта;
- повышенная точность измерения диагностируемых параметров;
- повышенная производительность, т. е. возможность оперативного диагностирования одновременно множества кабельных сетей;
- автоматическое задание параметров диагностики и обработка.

Тестеры проводного монтажа для проверки судовых кабельных сетей и жгутов давно и хорошо известны. Их производят более 50 лет и будут производить, пока не исчезнут кабели, присутствующие в электронной аппаратуре различного назначения. Простые тестеры используются для объектов с небольшим количеством точек тестирования (до 200) и минимумом функций, сложные и дорогие тестеры – для высоковольтного тестирования судовых кабельных сетей с количеством точек тестирования до сот тысяч и более.

Сложно переоценить важность такого тестирования, поскольку ошибки в построении и монтаже кабельных сетей в лучшем случае приводят к разборке объекта контроля и исправлению ошибок, а в худшем – к авариям и катастрофам. В связи с этим в настоящее время разрабатываются и выпускаются автоматические тестеры как альтернатива ручной прозвонки.

Современные системы контрольно-диагностической аппаратуры различного применения формируются в виде автоматизированных систем контроля. Каждый элемент системы – это самостоятельное законченное устройство, выполняющее строго определенные функции. Как правило, СД состоят из трех функциональных частей: исполнительной, где происходят подключение и коммутация и обеспечивается подача воздействий на объект контроля; информационно-управляющей, которая обеспечивает съем необходимой информации, преобразование, анализ и отображение полученной информации, а также ручное и автоматическое управление экспериментом.

На данный момент на рынке существует несколько типов автоматизированных систем контроля монтажа (АСКМ) кабельных изделий, которые отличаются друг от друга областью решаемых задач, используемыми методами и, конечно, технической реализуемостью (см. таблицу).

**Тестеры «Лиана»** появились на рынке в 1995–2000 гг. и основаны на измерительном мультиметре компании Agilent (или аналогах). Для высоковольтного тестирования используется импортная пробойная установка (коммутатор позволяет работать в условиях до 1000 В напряжения постоянного тока и 650 В напряжения переменного тока). Потребителям предлагаются версии Р100Е (двухшинная) и Р100ЕУ (многошинная). Тестер отличается оригинальной архитектурой (в том числе и потому, что на момент выхода «Лианы» открытые стандарты в России еще не появились). Тестеры «Лиана» состоят из импортных приборов и отечественного программного обеспечения и коммутатора. Соединение с объектом контроля осуществляется при помощи стационарной коммута-



Рис. 1. Система тестирования производства холдинга «Информтест»



ционной панели, которая проектируется отдельно по согласованию с заказчиком. Основное применение: P100E – проверка кабелей и жгутов; P100EY – проверка на функционирование. К недостаткам этой системы можно отнести устаревшую закрытую архитектуру; отсутствие мегомметра; крайне низкую надежность, приводящую к частым отказам; ограниченное количество высоковольтных коммутаторов; отсутствие измерения сопротивления цепей по четырехпроводной схеме; отсутствие перспектив обновления.

**Тестер АСК-МКИ** в отличие от тестера «Лиана» имеет свой мегомметр и пробойную установку. АСК-МКИ спроектирован на основе многошинной архитектуры, что позволяет проверять кабели, жгуты и блоки на функционирование. Имеет как релейный, так и электронный коммутаторы. Архитектура оригинальная, закрытая, состоящая из основной стойки (1200 каналов) и дополнительной стойки коммутации (1200 каналов). Однако, в отличие от «Лианы», АСК-МКИ сертифицирован на тип средства измерений. Основные недостатки – высокая цена (из-за архитектуры построения), крайне устаревшая элементная база, низкая надежность, отсутствие мобильных версий.

**Тестер «Тест 9110 VXI»** (рис. 1) представлен на рынке множеством версий. Это единственная российская система, которая постоянно обновляется. В настоящее время поставляются третья версия измерителя ИС-4 и третья версия базового коммутатора ВВК 5. «Тест 9110 VXI» – самая новая система по архитектуре и, в отличие от других систем, спроектирована в открытых стандартах VXI и LXI. Разработчикам удалось совместить в одном модуле ИС-4 VXI универсальный измеритель сопротивления, мегомметр, источник высокого напряжения (1000 В постоянного напряжения, 650 В переменного тока). Также имеется два типа коммутаторов: базовый ВВК-5 (200 каналов, 1000 В постоянного напряжения, 650 В переменного тока), высоковольтный ВВК-6 (100 каналов 2500 В постоянного напряжения, 1500 В переменного тока).

Благодаря стандарту VXI система получила ряд неоспоримых достоинств, отсутствующих у других производителей:

- мобильные версии с теми же модулями, что и стационарные в портативных VXI-крейтах на три слота (200 каналов), четыре слота (на 400 каналов), шесть слотов на (800 каналов);
- программное обеспечение АФК 9110, однако оно работает на всех системах;

- возможность добавления любых модулей стандарта VXI разных производителей (измерение напряжения, выдача команд, осциллографирование, генерация и многое другое).

В состав «Тест 9110 VXI» легко добавить дополнительные функции, превращая его в сложную систему для проверки объектов контроля (при этом контроль кабелей – лишь часть тестирования). Тест 9110 VXI – это практически некий конструктор, позволяющий строить бесчисленное множество систем.

**АСКМ Synor 5000** имеет нестандартную архитектуру и содержит несколько коммутаторов и несколько версий пробойной установки. Фирма постоянно совершенствует свою систему, добавляя различные аксессуары и режимы проверок. При создании многокрейтовых систем применяется версия крейта Synor 5000R на 2048 каналов. Серия Synor 5000 может выполнять некоторые режимы функционального контроля, но лишь с приборами, предлагаемыми Sefelec. К достоинствам системы synor 5000 можно отнести большой выбор пробойных установок, два вида коммутаторов, постоянное совершенствование системы, русификация, наличие мобильного варианта. Основным недостатком – сложность ремонта (в большинстве случаев необходимо отправлять во Францию).

**АСКМ WEETECH W454** имеет оригинальную архитектуру. При построении распределенной системы дополнительные крейты позволяют разместить максимум по 640 каналов. Имеется очень широкий набор высоковольтных коммутаторов до 5000 В, что объясняется использованием Weetech для тестирования железнодорожного транспорта. Русификации ПО нет. АСКМ WEETECH W454 используется в основном на железнодорожном транспорте и в аэрокосмической промышленности. Портативного тестера не предлагается. Несомненное достоинство системы – большой выбор высоковольтных коммутаторов до 5000 В, в том числе и в переносных крейтах, а недостаток – высокая цена канала и системы.

**АСКМ MK Test** в основном используется в военной и аэрокосмической промышленности. Несколько образцов были проданы для авиационных предприятий в России. Тестер построен по закрытой технологии, основная плата коммутатора имеет 64 канала. По своим возможностям он явно проигрывает Synor 5000 и «Тест 9110 VXI», а по количеству типов высоковольтных коммутаторов – и АСКМ Weetech.

Современное развитие изделий военной техники требует разработки новых или модернизации уже су-

ществующих средств контроля и диагностики систем управления. Основным направлением при разработке и модернизации СД является создание интеллектуальных СД электрооборудования. Подобные системы должны обеспечивать:

- соответствие технического уровня системы передовым достижениям науки, техники и технологии;
- необходимую помехозащищенность и стойкость к внешним воздействующим факторам;
- значительное сокращение времени на проверку электронных блоков;
- исключение ошибок из-за «человеческого фактора»;
- повышение качества и полноты контроля;
- повышение достоверности результатов;
- накопление и анализ статистики неисправностей, для улучшения технологии производства или эксплуатации;
- стандартизацию, унификацию, эргономичность и техническую эстетику;
- удобство монтажа, хранения и транспортирования системы.
- накопление и анализ статистики неисправностей, для улучшения технологии производства или эксплуатации.

Интеллектуальная СД представляет собой программно-аппаратный комплекс. Ее аппаратная часть полностью конфигурируема, и ее состав определяется методиками проверки объекта контроля, т. е. теми воздействиями, которые необходимо подавать, и теми величинами, которые необходимо измерять/контролировать. Аппаратная часть берет на себя процессы коммутации, задания воздействий и измерения реакций, питания, и т. д. Для этого аппаратная часть может содержать коммутационные, питающие и измерительные модули собственной разработки (АЦП, ЦАП, генераторы, частотомеры, и т. п.), отдельные приборы (измерители, калибраторы, блоки питания, и т. п.), а также адаптеры для подключения контролируемых объектов к стенду. Для подключения к электрооборудованию используется специальный пробник.

Программное обеспечение интеллектуальной СД предназначено для управления аппаратной частью и связи интерфейса с оператором. Программное обеспечение состоит, как правило, из основной программы и набора программ контроля. Основная программа служит для просмотра, печати протоколов проверки и других архивных операций.

Программы контроля позволяют управлять аппаратной частью СД и об-

работкой результатов измерений. Как правило, программа контроля состоит из тестов, представляющих собой различные режимы функционирования диагностируемого оборудования, а каждый тест – из отдельных проверок сигналов или параметров. Проверка состоит из команд коммутации, программирования задающих и измерительных модулей или приборов, выполнения измерения, сравнения с уставкой (уставками) и занесения данных в протокол. Такое деление позволяет провести для объекта только некоторые тесты или зациклить какой-либо тест.

Набор программ контроля содержит программы для различных объектов (так как интеллектуальная СД может проверять различные блоки) и для различных режимов (техпрогон, выходной контроль, проверка, ремонт, настройка, и т. п.). В набор программ контроля входят не только программы для проверки электронных блоков, но и программы для самоконтроля аппаратной части стенда. Таким образом, пользователь всегда может убедиться в исправности стенда.

В интеллектуальной СД реализовано управление доступом, где для каждого оператора задается пароль и уровень доступа:

- *пользователь* может только выбирать программы контроля и запускать их, а также работать с их архивом протоколов (печать, поиск и т. д.);
- *администратор* обладает всеми возможностями пользователя, но может еще и изменять установки;
- *программист* обладает максимальными возможностями, он может не только запускать, но и создавать, изменять программы контроля, а также уставки.

Когда оператор включает стенд и вводит свой пароль, его данные автоматически заносятся во все протоколы проверенных им блоков. Порядок действия оператора при использовании интеллектуальной СД следующий:

- подключение к СД очередного объекта контроля;
- выбор необходимой программы контроля и запуск ее;
- если в ходе проверки необходимо выполнить какие-либо ручные переключения на электронном блоке (например, установить перемычку или нажать кнопку и т. п.), программа выдает сообщение для оператора и ждет выполнения действия;
- по окончании выполнения программы контроля просмотр сформированного протокола проверки и при необходимости распечатки.

Результаты измерений и сравнений сохраняются в базе данных СД. Из них формируются протоколы проверки, причем формат протоколов задается шаблонами. Такой подход, во-первых, позволяет легко настроить форму протокола под требования предприятия или различных подразделений. Во-вторых, по результатам одной проверки возможно создание различных видов протоколов, различной полноты или формата. Например, при проверке партии изделий для ОТК может быть достаточно только краткого протокола проверки с основными параметрами каждого изделия или простым результатом «Годен»/«Брак». В то же время для ремонтника или технолога можно распечатать полный протокол для выборочных или забракованных изделий со всеми измеренными параметрами.

При разработке автоматизированной интеллектуальной СД используется современная приборная и элементная база как отечественного, так и импортного производства. Технический уровень СД соответствует передовым достижениям науки, техники и технологии.

Функционирование интеллектуальной СД отличается высоким уровнем автоматизации процесса испытаний, что делает ее удобной и простой для обслуживающего персонала. По существу, весь процесс диагностики

проходит в автоматическом режиме, без вмешательства оператора. По окончании диагностики электрооборудования формируется протокол испытаний.

Одной из важнейших проблем, с которой сталкиваются разработчики интеллектуальных СД, предназначенных для испытаний различного судового электрооборудования, является оптимизация вариантов конструкций этих СД. Как правило, составные части СД – это самостоятельные, функционально законченные устройства, что делает ее архитектуру гибкой и позволяет использовать составные части в различных конфигурациях диагностики судового электрооборудования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Кондратьев Д. А., Юрескул А. Г.* Технология отработки систем навигации и управления с использованием программно-аппаратных средств комплексов полунатурного моделирования // *Морской вестник*. – 2018. – № 3 (6). – С. 103–105.
2. *Санников В. А., Юрескул А. Г.* Основные принципы построения моделей движения летательных аппаратов: учебное пособие. – СПб.: Изд. БГТУ, 2008. – 135 с.
3. *Савин С. К., Никитин А. А., Кравченко В. И.* Достоверность контроля радиотехнических систем летательных аппаратов. – М.: Машиностроение, 1984. – 167 с.
4. Прозвонка кабелей – [Электронный ресурс]. URL: [https://studopedia.ru/3\\_181372\\_prozvonka-kabeley.html](https://studopedia.ru/3_181372_prozvonka-kabeley.html) (дата обращения 18.03.2017).
5. *Биргер И. А.* Техническая диагностика. – М.: Машиностроение, 1978. – 240 с.
6. *В. Г. Подколзин, И. С. Карапенчев, Е. Р. Макаров и др.* Методы и средства испытаний бортовых систем (опыт передовых предприятий). – М.: Ниат, 1984.
7. *Селезнев А. В., Добрица Б. Т., Убар Р. Р.* Проектирование автоматизированных систем контроля оборудования летательных аппаратов. – М.: Машиностроение, 1983. – 224 с. ■



**С**овременный корабль, судно или подводная лодка – инженерно-техническое сооружение со значительным количеством функциональных комплексов, систем автоматического управления, систем информационной поддержки, компьютеризацией процессов управления, представляющее собой сложную организационно-техническую систему (СОТС).

От поколения к поколению повышается надежность технических средств, вооружения, системы технических осмотров и ремонтов, диагностики состояния технических средств, совершенствуется система подготовки специалистов, однако повседневная практика эксплуатации кораблей вносит и вносит свои поправки катастрофами, авариями и т.п.

В общем случае развитие любого аварийного события во многом связано с техническим и эргатическим фактором, с фактором воздействия внешней среды и временем, что может быть представлено выражением вида

$$AC = f(\Phi_{\text{ч}}, \Phi_{\text{т}}, \Phi_{\text{с}}, t),$$

где AC – аварийное событие (авария, отказ, поломка и пр.);  $\Phi_{\text{ч}}$  – параметр, характеризующий воздействие человеческого фактора;  $\Phi_{\text{т}}$  – параметр, характеризующий воздействие технического фактора;  $\Phi_{\text{с}}$  – параметр, характеризующий воздействие среды;  $t$  – параметр, характеризующий время.

В основе указанных факторов ( $\Phi_{\text{ч}}, \dots, \Phi_{\text{т}}, \dots, \Phi_{\text{с}}$ ) – разнообразие причин, встречающихся в практике эксплуатации:

$$\Phi_i = f(P_j),$$

где  $j = 1, N$ .

Так, например, человек может выступать и как орган борьбы с аварией, и как ее причина  $P_{\text{ч}}$ .

Фактор, вызываемый причинами технического характера  $P_{\text{т}}$ , характеризуется показателями и параметрами безопасности, надежности, живучести и пр.

Фактор, связанный с воздействием внешней среды, обусловлен множеством причин  $P_{\text{с}}$ , начиная с воздействия оружия, сил природы и т.д.

Таким образом, аварийное собы-

тие, развивающееся во времени, можно представить как

$$AC = [\Phi_{\text{ч}} \Phi_{\text{т}} \Phi_{\text{с}} P_{\text{ч}} P_{\text{т}} P_{\text{с}}] t.$$

Если рассматривать аварийное событие как функцию одних причин ( $P_{\text{ч}}, P_{\text{т}}, P_{\text{с}}$ ) и времени  $t$ , то предыдущее выражение принимает вид

$$AC = [P_{\text{ч}1} P_{\text{ч}2} \dots P_{\text{ч}k}, P_{\text{т}1} P_{\text{т}2} \dots P_{\text{т}l}, P_{\text{с}1} P_{\text{с}2} \dots P_{\text{с}n}] t,$$

где  $k, l, n$  – число причин, связанных с деятельностью личного состава, техникой, воздействием среды и временем.

Гарантировать вероятность исключения аварийного события практически невозможно при вероятностных показателях надежности, безопасности и живучести объекта меньше единицы. Резерв возможностей исключения аварийного события – в заблаговременном определении и оценке отклонений в состоянии систем, функциональных комплексов на стадии их перехода в аномальное состояние.

Под аномальным состоянием функциональных комплексов, отдельных механизмов и устройств, современных систем автоматического управления, систем информационной поддержки и пр. следует понимать возникающие устойчивые отклонения значений одного или нескольких технологических параметров от установленных, определяющих их нормальный режим работы, в результате чего может произойти аварийное событие (при срабатывании защиты по «предупредительному» или «аварийному» сигналу).

Аномальное состояние объекта управления соответствует латентному периоду развития аварийной ситуации, т.е. такому, когда аварийная

ситуация развивается с той или иной интенсивностью, но еще не зафиксирована средствами традиционного допускового контроля, т.е. сигнализация отклонения («предупредительная и аварийная») еще не сработала, не включен человеком или средствами автоматики в действие противоаварийный защитный алгоритм.

В латентном периоде состояние объекта таково, что даже если что-то и происходит, то, как показывает практика эксплуатации, оператор на это не всегда реагирует, считая, вполне обоснованно, его состояние управления нормальным.

Как показал анализ продолжительности времени латентного периода развития аномального состояния аварийных ситуаций, оно может длиться от нескольких минут до нескольких часов.

Недооценка аномального состояния отдельных функциональных комплексов и сложных технических систем подводной лодки (ПЛ), потерпевших катастрофу, приводит не только к их потере, но и гибели людей.

Как показывает практика, проблема аварийности на кораблях и судах актуальна для всех флотов мира. Катастрофы, аварии техники существенным образом сказываются на финансовом и экономическом потенциале государств – владельцев транспортных средств, а также на их морской мощи.

В таблице приведены примеры происшествий с морскими судами и боевыми кораблями ВМС и ВМФ различного характера.

Как следует из данных таблицы, частота морских происшествий (катастроф) зарубежных и отечествен-

Таблица

Характер происшествий с морскими судами мирового флота и кораблями

| Характер происшествий с кораблями (судами) | Катастрофа кораблей |               |                  | Аварийные происшествия с кораблями |                          |             |
|--------------------------------------------|---------------------|---------------|------------------|------------------------------------|--------------------------|-------------|
|                                            | Все корабли ВМС     | Только ПЛ ВМС | Отечественные ПЛ | Все корабли ВМС                    | Зарубежные корабли с ЯЭУ | Корабли ВМФ |
| Морские происшествия, %                    | 63                  | 52            | 43               | 47                                 | 54                       | 61          |
| Происшествия техн. характера, %            | 26                  | 34            | 47               | 48                                 | 41                       | 39          |
| Особые причины, %                          | 11                  | 14            | 10               | 5                                  | 5                        | -           |
| Частота происшествий, $10^{-3}$ /кор. год  | 5                   | 3             | 3                | ~ 60                               | ~ 50                     | ~ 40        |

ных ПЛ одного порядка и составляет  $3 \cdot 10^{-3}$ /кор. год, а частота аварийных происшествий с кораблями ВМФ, ВМС и зарубежными кораблями с ЯЭУ на порядок выше:  $(4-6) \cdot 10^{-2}$ /кор. год.

Основными причинами гибели зарубежных ПЛ были человеческий фактор – 55% всех случаев, конструктивные и производственные дефекты – до 15%, экстремальные природные факторы – до 10% и неуставовленные причины – до 21%.

Объединяющая особенность катастроф и других резонансных тяжелых аварий – принятие решения о борьбе за живучесть после наступления критического состояния функциональных комплексов и систем, несмотря на то, часть из них длительное время находилась в работоспособном состоянии, позволяющем, прогнозируя возможные события, принимать превентивное решение заблаговременно.

Анализ практики эксплуатации кораблей (судов), ПЛ, других морских объектов свидетельствует о том, что реакция лиц, принимающих решения (ЛПР) о борьбе за живучесть при изменении контрольных параметров систем, функциональных комплексов и пр., во многих случаях наступает по «классическим канонам» – вследствие срабатывания «предупредительной» и «аварийной» сигнализации, введенных в то время, когда это было единственным «спасением» при отсутствии должных средств диагностики, автоматизации процессов управления и главным компьютером оставался человеческий мозг с его достоинствами и недостатками. А это, как правило, приводило к потере драгоценного времени, когда могли быть приняты превентивные меры и решения по восстановлению заданного значения параметров системы до достижения ими порогового критического значения.

Сейчас, при компьютеризации систем управления современных кораблей, за счет созданных систем автоматического управления и систем информационной поддержки, обладающих информацией от разветвленной сети контрольно-измерительных приборов, созданы предпосылки для более точной оценки развития аварийной ситуации до достижения ею критического состояния. Для этого используются компьютерные технологии, математика, физика, математические и имитационные модели с учетом организационных, эргатических и других процессов, протекающих в СОТС.

На взгляд авторов, задача системы информационной поддержки – обратить внимание ЛПР, например

оператора управления корабельными техническими средствами, на то, что аномалия активно развивается, пошел счет времени на своевременное (упреждающее, превентивное) распознавание аномального состояния системы и принятие соответствующего решения.

Объем, содержание и форма представления информации должны позволить такому лицу, не ожидая срабатывания «предупредительной» и/или «аварийной» сигнализации, быть готовым парировать событие до перехода системы в критическое состояние.

Однако, несмотря на то, что концепцией обеспечения живучести современных кораблей с помощью систем информационной поддержки предписан к разработке «предупреждающий мониторинг, направленный на ликвидацию внезапности возникновения аварийных ситуаций, с помощью требующих разработки и внедрения на кораблях систем автоматизированного контроля за скоростью (ускорением) изменений параметров, определяющих обстановку в отсеках, помещениях, выдающих заблаговременно соответствующие рекомендации, а также систем контроля состояния технических средств, позволяющий выявлять их предаварийное состояние и обнаруживать аварии на ранних стадиях», на практике он не реализован, вследствие чего не представляется возможным избежать и/или снизить последствия аварий.

Авторская методика экспресс-оценки «докритического времени» развития аварийной ситуации предполагает определение:

- коэффициента угрозы развития аварийной ситуации  $\kappa_y$  в численном виде с целью включения в работу программно-аппаратного комплекса и формирования на его основе соответствующей предикторной информации по локализации и ликвидации аварийной ситуации;
- численного значения «докритического времени»  $T_{кр}$  развития аварийной ситуации по изменению контролируемого параметра (параметров) от его/их нормального значения  $x_n$  до угрожаемого значения  $x_y$  по скорости и ускорению ее развития с целью принятия превентивного решения на борьбу за живучесть до перехода аварийной ситуации в аварию в результате срабатывания аварийной защиты (по сигналам «предупредительной и аварийной» сигнализации).

Коэффициент угрозы  $\kappa_y$  для любого (обобщенного) параметра в чис-

ленном виде представляет собой предел отношения нормального значения параметра  $x_n$  к параметру предельного его значения  $x_y$  при условии, когда  $x_n$  стремится к значению  $x_y$ . При этом значение параметра  $x_n$  соответствует отсутствию угрозы, т.е.  $x_y = 0$ , а значение параметра  $x_n = x_y$  соответствует угрозе  $x_y = 1$ .

Таким образом, методика экспресс-оценки «докритического времени» наступления аварийной ситуации (с возможностью формирования «подсказки» для ЛПР, используя предикторную информацию от аппаратных средств и корабельных функциональных комплексов), позволяет оперировать значениями коэффициента угрозы  $\kappa_y$ ; численного значения «докритического времени»  $T_{кр}$ .

Экспресс-оценка свершившейся аварии может быть получена при выполнении условия

$$x_n \geq x_y,$$

Алгоритм определения и оценки аномального состояния по одному из параметров представлен на рис. 1.

Выполнение алгоритма предполагает наличие:

- датчиков и показывающих приборов из состава аппаратных средств, обеспечивающих ЛПР предикторной информацией;
- блока преобразователей, модулей, программ и пр., проводящих обнаружение аварийной ситуации, измеряющих скорость изменения контролируемых параметров, ее ускорение, характеризующих время до достижения критического значения контролируемого параметра и выдачу рекомендаций ЛПР на локализацию и ликвидацию аварийного события.

Система информационной поддержки, обладающая такими свойствами и возможностями, – это новый уровень организации борьбы за живучесть и предупреждения аварийности.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обнаружение и своевременное протравнение процессов развития аварийной ситуации в зоне устойчивого развития аномального состояния объекта позволит решать основную, наиболее актуальную для современных корабельных систем, функциональных комплексов и т.п. задачу – предупреждать аварии.

Выполнение предлагаемых доработок систем информационной поддержки позволит существенно понизить потенциальную опасность аварийных ситуаций и риск для техники и обслуживающего персонала и тем самым обеспечить эксплуатационную безопасность на подконтрольном уровне.



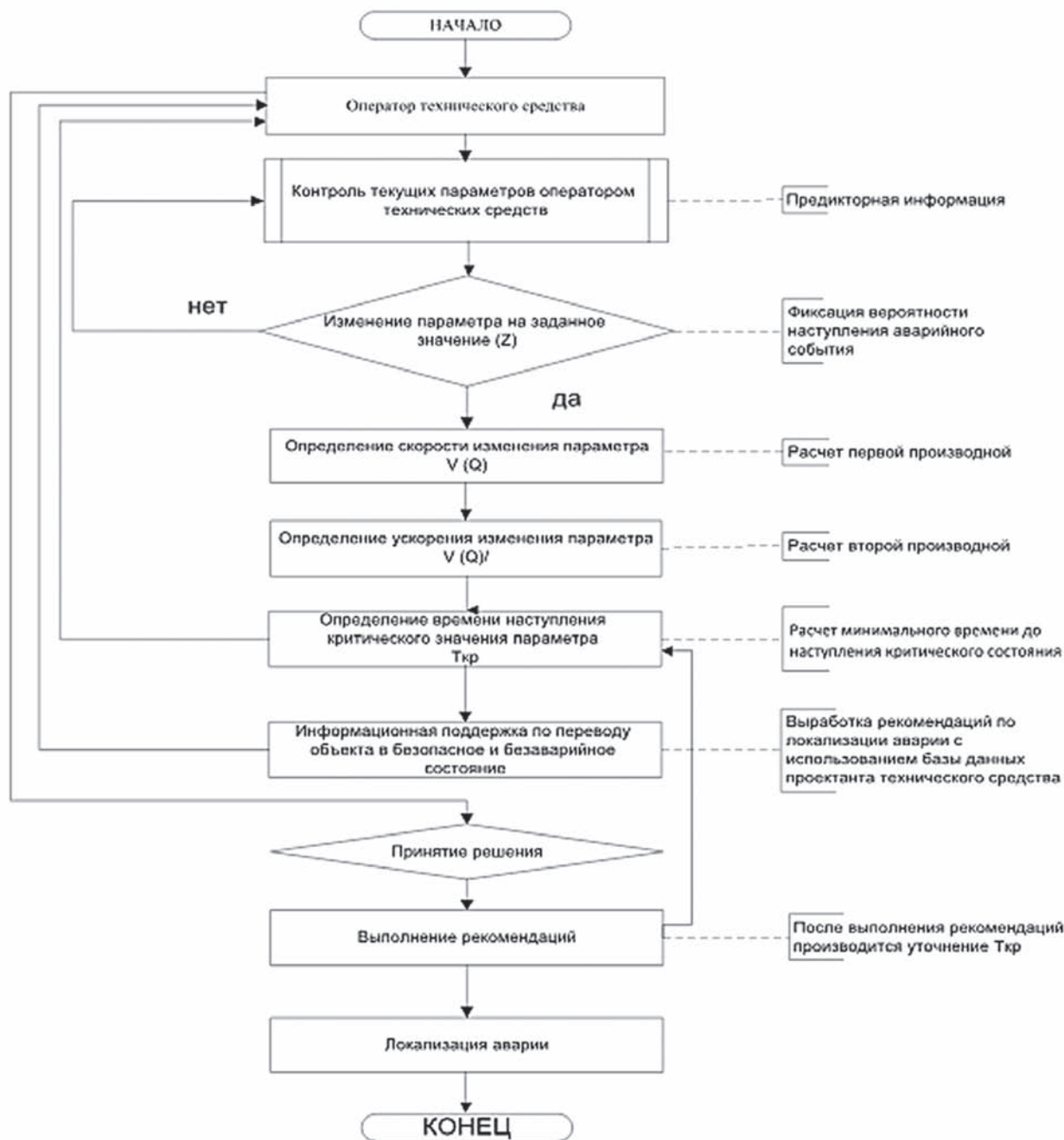


Рис. 1. Алгоритм определения и оценки аномального состояния по одному параметру

## ЛИТЕРАТУРА

1. Александров М.Н. Безопасность человека на море. – Л.: Судостроение, 1983. – 206 с.
2. Алексин В. Флот и аварийность (проблема не только для флота, но и для всего государства) // Морской сборник. – 1992. – №10. – С. 37–42.
3. Бубнов Е.А. Системы информационной поддержки корабельного оператора технических средств. – СПб: Изд-во СПб-ГЭТУ «ЛЭТИ», 2014.
4. Зубков Р. Аварийность ПЛ за рубежом // Морской сборник. – 1988–№3. – 81–87 с.
5. Захар В.Р. Мартиролог подводных катастроф. – Севастополь: Мир, 1998. – 140 с.
6. Концепция обеспечения живучести подводных лодок 4-го поколения. Утв. ГК ВМФ 28.05.2001 г.
7. Лисин С.А. Хронология аварий и катастроф отечественных подводных лодок. – СПб: Галея Принт, 2011.
8. Мормуль Н.Г. Катастрофы под водой. – Мурманск, 1999. – 572 с.
9. Петров С.А. Обеспечение ядерной безопасности корабельного ядерного реакторного оборудования ВМС зарубежных государств: Учеб. пособие. – СПб.: Изд. ВМИИ, 2002. – 323 с.
10. Романов Д.А. Трагедия подводной лодки «Комсомолец»: Аргументы конструктора. – СПб.: НИКА, 2009. – 432 с.
11. Чернов Е.Д. Тайны подводных катастроф: К-429, К-219, К-278, К-141. – СПб.: НИКА, 2008. – 643 с.
12. Щербина Н.Я., Костына М.В. Краткий анализ состава и содержания аппаратных средств, обеспечивающих решение задач борьбы за живучесть АПЛ 4-го поколения: Сб. тр. ВМПИ, 2017, июнь.
13. Щербина Н.Я. К оценке безопасности эксплуатации транспортных ядерных энергетических установок // Морской вестник. – 2013. – №2 (46). – 55–57 с. ■

В предыдущей статье («Морской вестник», 2019, №4) были рассмотрены основные принципы, заложенные в единую технологическую платформу «Муссон», архитектуру и базовые составные части платформы, реализованной в рамках ОКР «Муссон». Платформа «Муссон» представляет собой комплекс программного обеспечения (ПО), решающий все задачи, которые сегодня могут быть поставлены перед интегрированной навигационной системой (ИНС), включая задачи электронной картографической навигационной информационной системы (ЭКНИС), радиолокационного дисплея (РЛД), отображения панели виртуальных приборов (ПВП), обработки тревог и предупреждений, автоматизированной системы технической диагностики (АСТД) 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.

Цель данной статьи – доказать применимость платформенного решения для построения ИНС различного масштаба, охватывающего широкий спектр потребителей. На текущий момент создание ИНС является разовой разработкой под конкретного заказчика, что обуславливает значительную трудоемкость и, в конечном итоге, стоимость такого решения.

Платформенные решения – широко применяемый способ ухода от разовых разрозненных разработок под каждую отдельную задачу и конкретного заказчика. Платформа «Муссон» – это полностью настраиваемый набор компонент, на базе которого путем конфигурирования можно построить ИНС различной степени сложности. Очевидно, что для различных целей могут использоваться разные конфигурации оборудования, сетевой инфраструктуры, разнообразные по производительности вычислительные средства. Для проверки применимости заявленных подходов к созданию ИНС путем конфигурирования платформы «Муссон» было предложено создать макет ИНС, отвечающий требованиям, предъявляемым к современному ИНС: надежность, производительность, удобство эксплуатации. Поскольку ИНС могут присутствовать на судах самых разнообразных классов (как по назначению, так и по тоннажу), после проведения анализа целевых потребителей ИНС было решено выполнить сегментирование спектра применения и выработать шаблоны конфигурации для каждого выделенного сегмента. В результате были сформированы следующие « типовые » решения:

## ПОСТРОЕНИЕ СУДОВОЙ ИНТЕГРИРОВАННОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НА БАЗЕ ПЛАТФОРМЫ «МУССОН»

**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,  
АО «Кронштадт Технологии»,  
контакт. тел. (812) 449 9090, доб. 454 06, +7(921) 975 7173, +7(921) 742 4970

1. Базовое решение: конфигурация, в которой как функциональное ПО (ЭКНИС, РЛД, АСТД, АПС и т.п.), так и серверное ПО физически размещаются на едином аппаратном модуле – компьютере рабочей станции. Данное решение нацелено в первую очередь на небольшие суда с ограниченным по объему потоком обрабатываемых данных и небольшим количеством подключенного навигационного оборудования.
  2. Решение высокой доступности (помехоустойчивое-решение): конфигурация, в которой существуют два выделенных сервера данных и нескольких рабочих станций. Данная конфигурация поддерживает три уровня деградации системы, является наиболее оптимальным и сбалансированным решением для судов среднего тоннажа либо для судов с повышенными требованиями к отказоустойчивости судовой ИНС.
  3. Высокомасштабируемое решение: конфигурация, позволяющая развернуть множество выделенных серверов, объединив их в кластеры для обработки потоков данных большого объема. Количество рабочих станций с установленным функциональным ПО теоретически ограничено лишь пропускной способностью локальной вычислительной сети. Данное решение нацелено на суда, имеющие высокую производительность в условиях большого объема данных, а также отказоустойчивость системы, например, научно-исследовательские суда.
- Данные схемы предполагают дальнейшую конфигурацию построенных на их

базе ИНС под конкретное использование, с конкретным набором навигационного оборудования и конкретной организацией внутрисудовой коммуникационной инфраструктуры. Для этих целей используется специализированное ПО с графическим интерфейсом пользователя «Конфигуратор ЕТП». С его помощью может быть проведена тонкая настройка целевой ИНС для развертывания в рамках вычислительной сети ходового мостика, данная конфигурация ИНС может быть сохранена (для дальнейшего развертывания на аналогичных судах), а также впоследствии отредактирована и использована заново.

Демонстрация применимости платформы «Муссон» для построения ИНС была проведена на типовом оборудовании для ходового мостика – четыре автоматизированных рабочих места с двумя выделенными серверами приема и обработки данных ИНС.

Описанная конфигурация диктует выбор шаблона №2 для применения в макете. Схема макета представлена на рис. 1.

Особенности схемы макета для реализации помехоустойчивого решения:

- использование двух серверов приема и обработки данных, работающих в горячем резерве;
- использование основной и резервной локальных вычислительных сетей (GigabitEthernet), обеспечивающих передачу данных между серверами и автоматизированными рабочими местами (АРМ);
- полный состав сопрягаемых устройств подключается к серверам, в то время как к АРМ подключается минимально

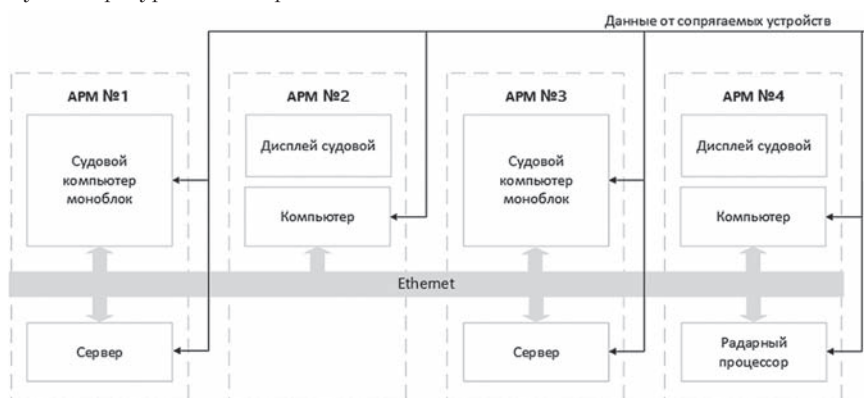


Рис. 1. Схема макета ИНС на базе решения высокой доступности



необходимый состав навигационного оборудования (дублируя в этой части подключения к серверам).

Конфигурирование происходит путем подключения рабочего места, с которого проводится развертывание и настройка, к локальной сети макета (будущей ИНС). На данном этапе используется ПО «Конфигуратор ЕТП», позволяющее выполнить настройку системы интуитивно-понятным образом. С использованием шаблона донстройкой его в соответствии с конкретной конфигурацией аппаратных средств занимает около трех часов (до момента окончания развертывания программного обеспечения на рабочих местах и серверах ИНС), что на порядок меньше времени использования тех подходов, которые применяются для настройки ИНС на текущий момент. Повторно развернуть ПО на аналогичной конфигурации ИНС можно за считанные минуты, в то время как при стандартном подходе, который применяется в отрасли, это время не сокращается.

Кроме выигрыша во времени развертывания, такая ИНС, созданная на базе платформы «Муссон», обладает уникальными характеристиками:

- имеет высокую доступность в случае обнаружения проблемы с Мастер-сервером автоматическое переключение роли резервного сервера (повышение до Мастер-роли); в случае обнаружения проблем с выделенными серверами автоматический запуск локальных (расположенных на АРМ) серверов – локальные сервера образуют кластер, делая тем самым доступными данные с одного АРМ на всех других. В случае разрыва связи с другими серверами в кластере происходит автоматическое переключение АРМ на работу в режиме, соответствующем базовому решению, автоматическое восстановление работоспособности всей системы после устранения неисправности;
- включает функциональные подсистемы: навигационную подсистему, которая осуществляет прием, фильтрацию и приоритизацию навигационных данных; подсистему целей – осуществляет прием и отождествление данных по целям от различных источников; автоматизированную систему технической диагностики – проводит техническую диагностику аппаратных средств и уведомление оператора об обнаруженных неисправностях; сервер тревог и предупреждений – выполняет приём сообщений о возникающих ситуациях «тревог», уведомление оператора путем отображения информации на АРМ; подсистему регистрации и воспроизведения получаемой навигационной информации – выполняет запись в базу данных навигационных характеристик с возможностью последующего воспроизведения в режиме playback;

- обеспечивает работу функционального ПО на всех АРМ: ЭКНИС, радиолокационный дисплей, автоматизированная система технической диагностики, аварийно-предупредительная сигнализация, панель виртуальных приборов;
- включает систему регистрации данных: PostgreSQL 9.6 в кластерной конфигурации с асинхронной потоковой репликацией данных; протоколирование работы подсистем: цели, тревоги и предупреждения, неисправности диагностируемого оборудования.
- интегрирована с судовым оборудованием: прием данных от судового оборудования осуществляется по интерфейсам RS-422, Ethernet; используются протоколы передачи данных: Serial, Modbus, UDP, TCP.

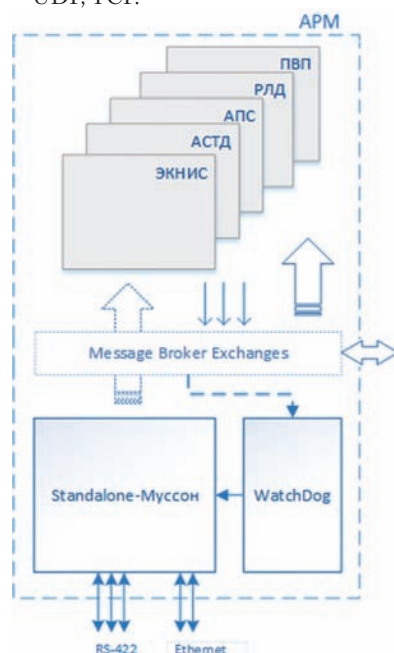


Рис. 2. Схема типового АРМ

Каждое автоматизированное рабочее место (рис. 2) укомплектовано компьютером с дисплеем и устройствами ввода. В состав ПО каждого АРМ входят набор функционального ПО, брокер сообщений для обмена сообщениями с сервером данных ИНС и специализированные компоненты для мониторинга состояния АРМ и ИНС в целом, а также поддержки аварийных режимов восстановления. Функциональное ПО каждого АРМ состоит из электронной картографической навигационно-информационной системы, радиолокационного дисплея, панели виртуальных приборов, ПО аварийно-предупредительной сигнализации, автоматизированной системы технической диагностики.

Основные компоненты сервера данных ИНС (рис. 3): интерфейсы сопряжения с устройствами; модули сопряжения с устройствами, обеспечивающие прием данных через интерфейсы и передачу данных в подсистемы; подсистемы сервера, занимающиеся обработкой данных от устройств; хранилище протоколируемых

данных подсистем; брокер сообщений, передающий данные от подсистем на функциональное ПО.

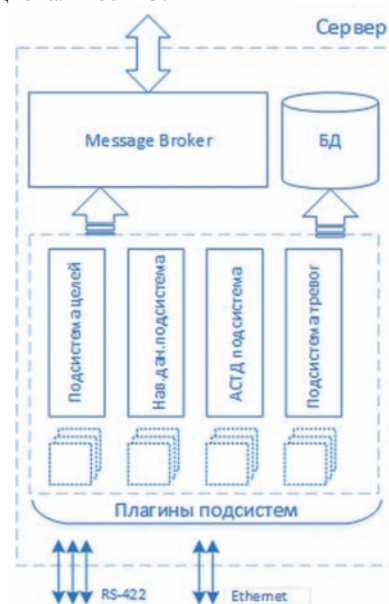


Рис. 3. Схема типового сервера данных ИНС

Оба сервера – основной и резервный – выполнены по одной схеме. Единственное различие в режиме функционирования определяется ролью сервера в данный момент.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование платформенного подхода дает существенные преимущества при создании судовых ИНС нового поколения. Используя предварительно разработанные шаблоны конфигураций ПО ИНС, путем настройки их через специализированное программное обеспечение с графическим интуитивно понятным интерфейсом, возможно создавать ИНС различного уровня сложности за считанные часы. В данной статье продемонстрированы возможности разработки ИНС на базе шаблона «помехоустойчивого решения», приведены основные характеристики готового решения. Проведена оценка временных затрат на конфигурирование и развертывание ПО ИНС.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бедняков И.В., Ефимов В.В., Сарычев Д.Ю., Сушинский Ф.В. Платформа «Муссон» – новые возможности создания судовых интегрированных навигационных систем // Морской вестник. – 2019. – №4(72).
2. Итоговый научно-технический отчет по результатам ОКР «Разработка единой технологической платформы судовых интегрированных навигационных систем нового поколения». – СПб., АО «Кронштадт», инв. № К17/13031/3–02/19.2019 г.
3. Программная документация комплекса программного обеспечения «Единая технологическая платформа судовых интегрированных навигационных систем нового поколения» (КТДЛ.00263–01).
4. Прокотьев В.Ю. Платформенные решения и модульный принцип проектирования электронных устройств как метод стандартизации и унификации разработок // Науч.-техн. вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2019. – Т. 19. – № 5. – С. 901–911. doi: 10.17586/2226-1494-2019-19-5-901-911

**Н**а современном этапе развития высокотехнологичных, наукоемких отраслей промышленности, внедрения высокоинтеллектуальных информационных технологий, цифровой трансформации промышленных предприятий и производственных процессов как в государственных, так и в частных предприятиях остро встают вопросы обеспечения информационной безопасности, в частности, защиты информации (ЗИ) от систематического промышленного шпионажа (разведки) со стороны недобросовестных конкурентов методом получения несанкционированного доступа (НСД) к конфиденциальной информации, обрабатываемой в информационных системах (ИС) промышленных предприятий.

В связи с этим для подразделений служб безопасности любого промышленного предприятия актуальным становится обеспечение комплексной информационной безопасности и защиты информации от НСД и любых воздействий на нее.

Для выполнения требований к обеспечению комплексной информационной безопасности, а также для построения адекватной существующим угрозам системы информационной безопасности предприятия одной из важнейших задач является исследование процесса защиты от НСД к конфиденциальной информации, обрабатываемой в информационных системах, находящихся на защищаемых объектах предприятий.

Для оценки эффективности процесса защиты от НСД в ИС и разработки требований к системам, реализующим процесс ЗИ, актуальным становится построение моделей с целью определения вероятностно-временных характеристик, зависимостей, показателей, происходящих в них событий и состояний.

С целью определения данных характеристик и зависимостей могут применяться различные методы исследований, в том числе аналитическое и имитационное моделирование. Имитационное моделирование, в отличие от аналитического, позволяет наиболее полно описывать и моделировать процессы появления нарушений безопасности информации (НБИ), защиты информации от НСД и, соответственно, всесторонне анализировать возможности рассматриваемой системы защиты информации (СЗИ) от НСД. Для этого необходимо разработать имитационную модель, с помощью которой и будут получены соответствующие характеристики и зависимости процессов, происходящих в системе ЗИ от НСД в ИС.

Одной из систем моделирования, подходящей для разработки имита-

## МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ОТ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО ДОСТУПА

**В.Г. Ерышов**, канд. техн. наук, доцент ФГАОУ ВО ГУАП, зам. ген. директора по режиму и безопасности,  
**Р.Д. Куликов**, аналитик информационной безопасности,  
**Д.А. Богданов**, администратор информационной безопасности, АО «Армалит»,  
**К.В. Балицкая**, аспирант СПбГМТУ,  
контакт. тел. (812) 603 4077 доб. 100, +7(904) 600 5380

ционной модели, была выбрана система имитационного моделирования AnyLogic – в качестве одного из существующих эффективных инструментов, позволяющих моделировать процессы в различных сферах деятельности, а также процессы, которые можно представить в виде последовательности операций.

С помощью выбранной системы моделирования AnyLogic можно моделировать различные системы, рассматривая их как последовательность операций, как правило, включающих очереди, задержки и захват ресурсов, агентов (операций, клиентов, продуктов) и ресурсов, необходимых для выполнения различных операций. Библиотеки данной системы позволяют легко и быстро визуализировать любой процесс и проверить результаты моделирования, используя анимацию.

На рис. 1 изображена описательная модель процесса ЗИ от НСД в ИС. Она включает в себя процесс функционирования ИС, абонентского пункта (АП), СЗИ от НСД, системы добыва-

ния информации методом компьютерной разведки.

Объекты СЗИ от НСД состоят из сервера ЗИ от НСД, автоматизированного рабочего места (АРМ) администратора безопасности информации (АБИ), через которое осуществляется управление процессом и СЗИ.

Информационная система типового защищаемого объекта информатизации (ОИ) предприятия обычно состоит из серверов, АРМ должностных лиц (ДЛ), коммутационного и периферийного оборудования.

В состав абонентского пункта могут входить почтовый сервер, АРМ, межсетевой экран (МЭ), система обнаружения вторжений (СОВ) коммутационное и периферийное оборудование.

Система ЗИ от НСД осуществляет мониторинг защищенности информации от НСД, отслеживает работу АРМ, принимает решения при обнаружении нарушений безопасности информации (НБИ). Система работает с двумя сегментами: абонентским пунк-

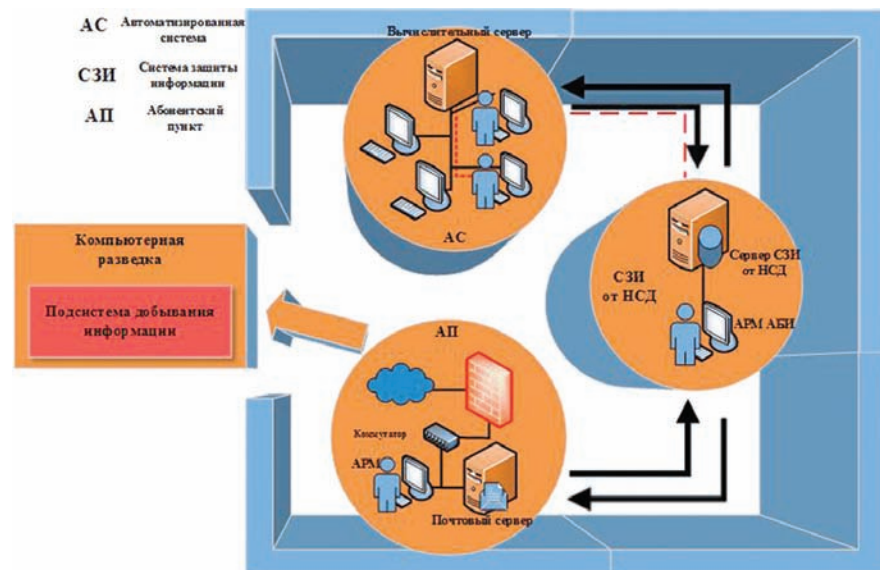


Рис. 1. Описательная модель процесса защиты информации от НСД в ИС предприятия



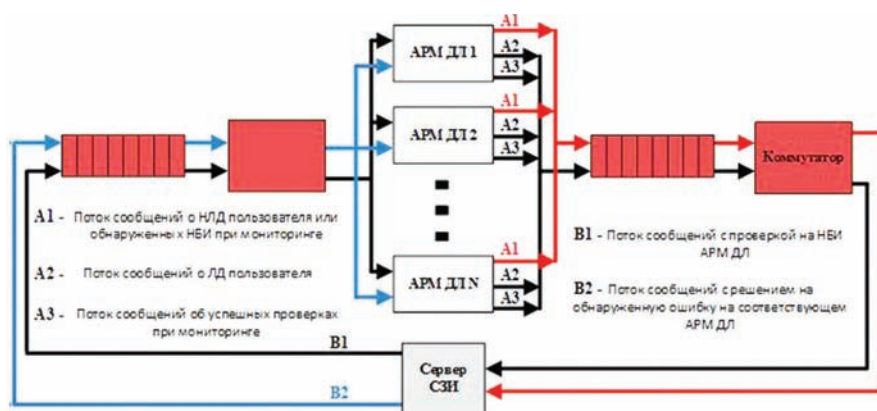


Рис. 2. Структурная схема потоков заявок в модели процесса ЗИ от НСД

том и информационной системой. На рис. 2 показана структурная схема потоков заявок в модели процесса ЗИ от НСД, реализованной в виде многоканальной системы массового обслуживания с очередями и приоритетами в обслуживании.

Рассмотрим процессы, происходящие в данной модели. С АРМ ДЛ ИС, где установлены клиентские агенты СЗИ от НСД, на сервер СЗИ от НСД посылаются потоки с сообщениями о действиях пользователей, т. е. сервер контролирует легитимные действия (ЛД) (поток А2) и нелегитимные действия (НЛД) (поток А1) пользователей. Кроме сообщений о действиях пользователей с АРМ посылаются сообщения на сервер о результатах проверок мониторинга ЗИ. Это сообщения об успешных проверках (поток А3), т. е. о тех, которые не выявили ошибок пользователей и НБИ.

С сервера СЗИ от НСД периодически отправляются заявки с проверкой на АРМ на предмет наличия (отсутствия) НБИ (поток В1). Также после обработки сервером СЗИ от НСД сообщений о НБИ на АРМ для принятия им решения на блокировку (разблокировку) проверенных АРМ посылается заявка на блокировку (разблокировку) АРМ, на котором это НБИ было выявлено (поток В2).

Разработанная имитационная модель может служить как для оценки эффективности процесса защиты информации от НСД и существующих СЗИ от НСД (прямая задача), так и для разработки требований (критериев) к процессу защиты и к перспективным СЗИ от НСД (обратная задача – синтез).

Основными исходными данными для моделирования процесса защиты информации от НСД являются количество АРМ ДЛ ИС, интервал поступления проверок на НБИ при мониторинге, интервал поступления на сервер отчетов о действиях пользователя, также время обработки сообщений как на коммутаторах, так и на

сервере СЗИ от НСД и АРМ ДЛ. При необходимости оценки эффективности процесса и системы СЗИ от НСД исходными будут служить вышеперечисленные данные.

При решении обратной задачи (синтеза) исходными данными для моделирования процесса и системы СЗИ от НСД будут заданные значения вероятностей и средних времен: вероятности возникновения и обнаружения НБИ, среднее время мониторинга, количество возникших и обнаруженных нарушений. По ним будут определяться количественные и качественные характеристики системы ЗИ от НСД, удовлетворяющие этим требованиям.

Структурная схема функционирования разработанной имитационной модели процесса защиты от НСД в виде системы массового обслуживания (СМО), которая представляет собой многоканальную СМО с очередями с экспоненциальными временами обслуживания заявок и представлена на рис. 3.

На схеме показаны блоки функционирования АРМ ДЛ, сервера СЗИ от НСД, коммутаторов. Из блока АРМ на сервер СЗИ от НСД поступают отчеты об успешных проверках защищенности информации,

действиях пользователя и НБИ на контролируемых АРМ. Из блока сервер СЗИ от НСД осуществляются проверки НБИ на АРМ и посылаются сообщения на блокировку и разблокировку АРМ, на которых обнаружены НБИ. Кроме основных проверок, посылаемых с этого сервера, можно посылать дополнительные заявки с проверкой на наличие НБИ на определенный АРМ.

Рассмотрим работу имитационной модели на примере разработанных алгоритмов, ее реализующих, структурные схемы которых представлены на рис. 4 и рис. 5.

На рис. 4. блок 2 – ввод исходных данных; блок 3 – сообщения создаются на сервере ЗИ от НСД и отправляются на проверку соответствующего АРМ; блок 4 – обслуживание сообщений коммутатором; блок 5 – проверка условия, если АРМ заблокирован, то сообщение будет ждать разблокировки; блок 7 – проверка АРМ на НБИ; блоки 8, 9, 12 – если возникло НБИ (блок 8), то считаются возникшие НБИ (блок 9). Иначе считаются успешные проверки (блок 12); блоки 10, 11, 12 – если обнаружено НБИ (блок 10), то считаются обнаруженные НБИ и АРМ блокируется (блок 11). Иначе мы относим возникшее нарушение к успешным проверкам и считаются успешные проверки (блок 12); блок 13 – обслуживание коммутатором; блок 14 – обработка сервером ЗИ от НСД; блоки 15, 16, 19 – если пришло сообщение о НБИ (блок 15), то сервер ЗИ от НСД регистрирует на него и принимает решение о блокировке АРМ (блок 16), иначе сообщение удаляется (блок 19); блок 17 – обслуживание коммутатором; блок 18 – обработка соответствующим АРМ и разблокировка; блок 19 – удаление сообщения и расчет необходимых искомым данным; блок 20 – вывод результатов.

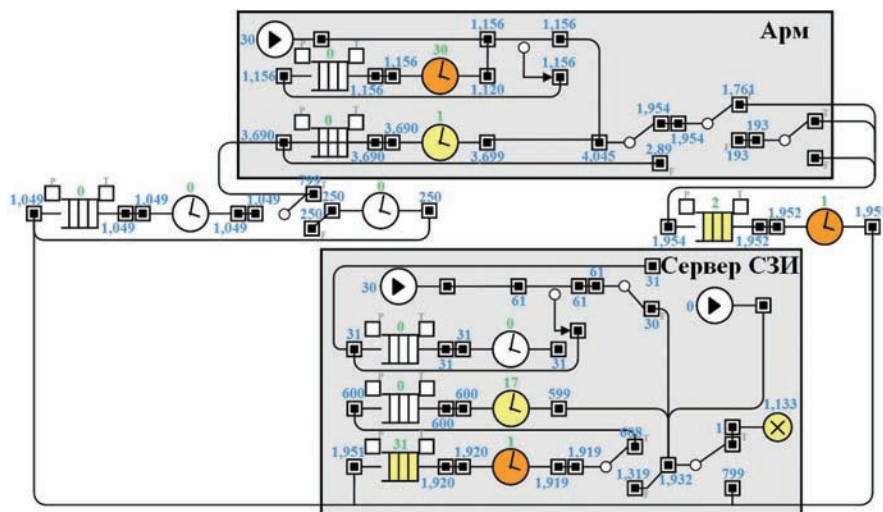


Рис. 3. Структурная схема функционирования имитационной модели процесса защиты информации от НСД в виде СМО

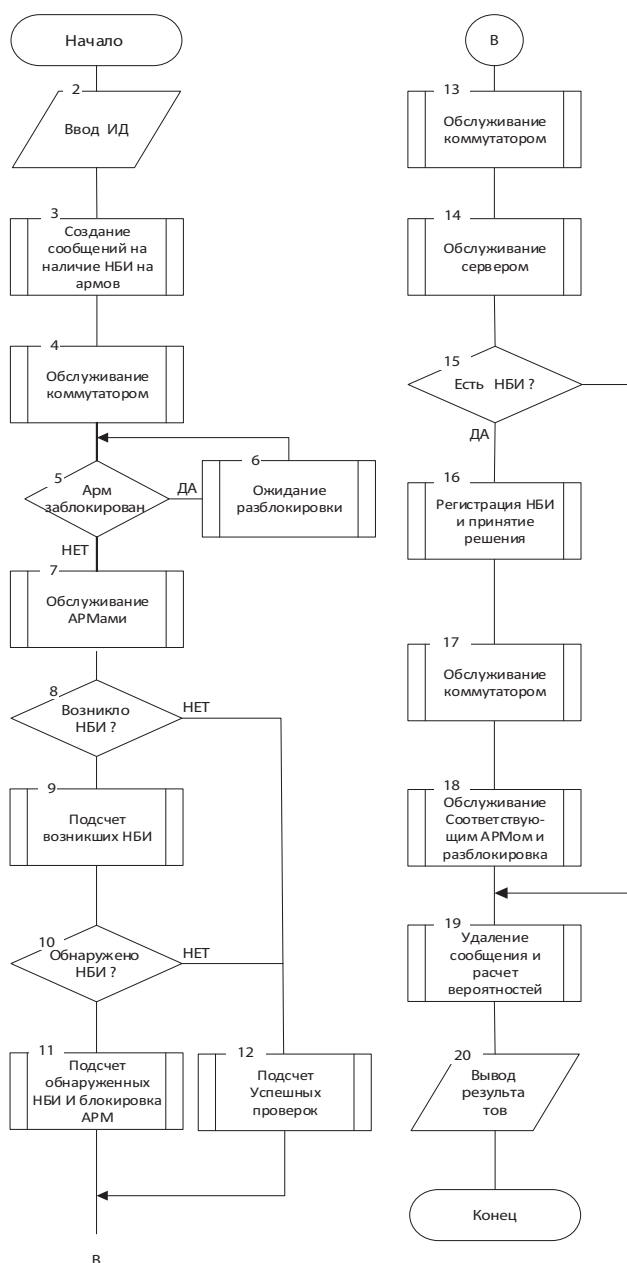


Рис. 4. Структурная схема алгоритма имитации поступления заявок с сервера СЗИ от НСД на проведение проверок АРМ на предмет наличия (отсутствия) на них НБИ в процессе мониторинга защиты информации

Рассмотрим алгоритм имитации поступления сообщений с АРМ с отчетами о действиях пользователей на сервер СЗИ от НСД, представленного на рис. 5. Блок 2 – ввод исходных данных; блок 3 – отправка сообщений о действиях пользователей на сервер ЗИ от НСД; блок 4 – проверка условия, если АРМ заблокирован сообщение будет ожидать его разблокировки; блоки 6, 7, 10 – проверка условия, если возникло НЛД (блок 6), то считаются возникшие НЛД (блок 7), иначе считаются ЛД (блок 10); блоки 8, 9, 10 – проверка условия, если обнаружено НЛД (блок 8), то считаются обнаруженные НЛД и блокируется АРМ на котором обнаружено нарушение (блок 9), иначе относим возникшие

НЛД к ЛД и считаем ЛД (блок 10); блок 11 – обслуживание коммутатором; блок 12 – обработка сервером; блоки 13, 14, 19 – проверка условия, если пришло сообщение о нарушении БИ (блок 13), то сервер ЗИ от НСД регистрирует НЛД и принимает решение о блокировке АРМ (блок 14), иначе сообщение удаляется (блок 18); блок 15 – обслуживание коммутатором; блок 16 – обработка соответствующим АРМ; блок 17 – разблокировка АРМ; блок 18 – удаление сообщения и расчет необходимых искомым данных; блок 20 – вывод результатов.

Таким образом, разработанная имитационная модель процесса ЗИ от НСД в ИС предприятия при помощи системы имитационного моделирова-

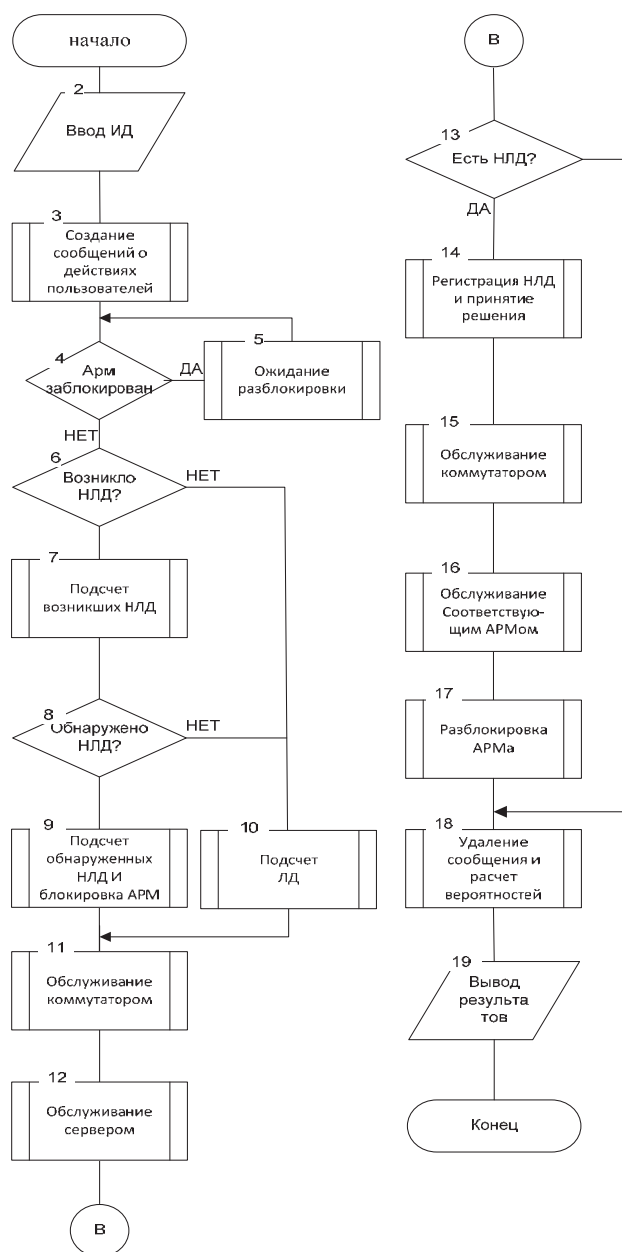


Рис. 5. Структурная схема алгоритма имитации поступления сообщений с АРМ с отчетами о действиях пользователей на сервер СЗИ от НСД

ния AnyLogic обладает теоретической и практической новизной и позволяет, с одной стороны, оценивать эффективность процесса существующих систем ЗИ от НСД в зависимости от варьируемых исходных данных, а с другой – разрабатывать требования (критерии) для перспективных СЗИ от НСД.

Полученные в результате проведенного моделирования вероятностно-временные зависимости и характеристики послужат основой для создания СЗИ от НСД, а также для анализа (модернизации) существующих и синтеза новых систем информационной безопасности информационных систем промышленных предприятий. ■



Рассмотрим концептуальные основы построения технологической платформы цифровой модели (ЦМ), определяющей иерархическую структуру управленческих решений в виде совокупности функциональных элементов, образующих интерпретирующую систему распределенного интеллекта и связи между ними (рис. 1). Изменяя связи, можно получать при сохранении элементов другую систему в соответствии с рассматриваемым приложением, обладающую новыми свойствами или реализующими другой закон функционирования. *Функциональные элементы* ЦМ описывают совокупность выполняемых системой функций, характеризуют морфологию системы (ее построение) – состав подсистем и их взаимосвязи, а *информационные элементы* ЦМ – отношения между элементами в виде структур данных (состав и взаимосвязи). *Поведенческий модуль* ЦМ описывает информационные процессы (динамику функционирования): состояние системы, ситуацию, переход из одного состояния в другое, условия перехода, последовательность состояний на интервале реализации.

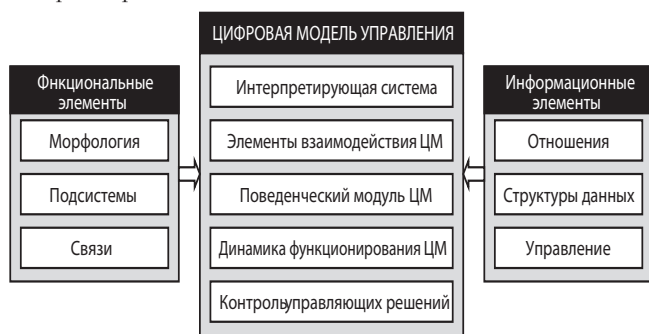


Рис. 1. Стратегия построения цифровой модели при генерации управленческих решений

Таким образом, ЦМ – это набор современных подходов, вычислительных средств и интегрированных технологий, объединенных общим решением. ЦМ определяет совокупность интеллектуальных модулей, формирующих интерпретацию абстрактного образа (АО) исследуемого приложения и способов формирования управленческих решений на основе нечеткой формальной системы (НФС) [4]. Интерпретация ЦМ потребовала перестройки разработанных моделей управления в режиме экстренных вычислений (Urgent Computing – UC) – рис. 2 [7]. Ниже рассмотрены теоретические аспекты разработки ЦМ в системах интеллектуальной поддержки (ИП) управленческих решений на основе мультиагентного моделирования [4].

## МЕХАНИЗМЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ

Открытая среда, формирующая механизмы функционирования ЦМ исследуемого приложения, рассматривается как активная динамическая система (АДС) [6], а смена состояний в процессе эволюции происходит за счет появления новых знаний о среде взаимодействия и способах управления, которые изменяют прежние закономерности поведения ЦМ, верные для ранее фиксированного состояния. В трансформируемых средах смена состояний функционирования ЦМ планируется и инициируется в зависимости от особенностей эволюционной динамики АО исследуемой ситуации.

Процесс функционирования ЦМ в рамках рассмотренного подхода – это последовательная смена состояний эволюционной динамики. Совокупность всех возможных состояний  $\{S\}$  АО определяет пространство состояний ЦМ. Эффективность

# ЦИФРОВАЯ МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПРИ ПОДДЕРЖКЕ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Ю.И. Нечаев, д-р техн. наук, проф. СПбГМТУ,  
контакт. тел. (812) 369 6337

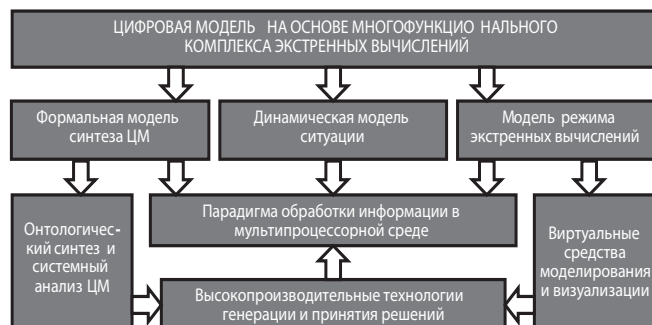


Рис. 2. Интеграция ЦМ в динамической среде UC

процесса контроля на основе ЦМ – степень приспособленности многофункционального программного комплекса (МПК) к достижению цели интерпретации. Критерий эффективности ЦМ – обобщенный показатель и правило выбора лучшего решения [4]:

$$Y^*(NM) = \max\{Y^i(NM)\}. \quad (1)$$

В ЦМ вводится оператор  $F^S$ , обеспечивающий преобразование

$$y(t) = F^S(x(t), u(t), w(t), h(t)), \quad (2)$$

а метод получения выходных характеристик ЦМ, кроме определяющих параметров входа  $x(t)$ , управляющих воздействий  $u(t)$  и внешней среды  $w(t)$ , учитывает и собственные характеристики  $h(t)$  среды взаимодействия. Состояние ЦМ – это множество значений характеристик в данный момент времени.

Формально состояние ЦМ в момент времени  $t_0$  полностью определяется начальным состоянием  $S(t_0)$ , входным воздействием  $x(t)$ , управляющим воздействием  $u(t)$ , внутренними характеристиками  $h(t)$  и воздействиями внешней среды  $w(t)$  за промежуток времени  $[t_0, t]$  с помощью представления

$$S(t) = f(S(t_0), x(\tau), u(\tau), w(\tau), h(\tau)), \tau \in [t_0, t]; \quad (3)$$

$$y(t) = g(S(t), t). \quad (4)$$

Уравнение состояния для начальной конфигурации  $S(t_0)$  и переменным  $x, u, w, h$  определяет вектор-функцию  $S(t)$ , а уравнение наблюдения по полученному значению состояний  $S(t)$  – переменные на выходе системы  $y(t)$ . Таким образом, цепочка уравнений объекта «вход – состояния – выход» позволяет определить характеристики

$$y(t) = f[(g(S(t_0), x(t), u(t), w(t), h(t))), \quad (5)$$

а под ЦМ следует понимать конечное подмножество переменных  $\{x(t), u(t), w(t), h(t)\}$  совместно со связями между ними и выходными характеристиками  $y(t)$ .

## ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ

Описание ЦМ в динамической среде АО исследуемой ситуации реализуется в виде теории интерпретации сложных динамических систем. Построение научной теории ЦМ определяется исходными аксиомами рассматриваемой предметной области судостроения и морской техники. Все остальные положения теории получаются как логические следствия акси-

ом. В основе аксиоматической теории ЦМ лежит метод интерпретаций. Каждому понятию и отношению аксиоматической теории соответствует некоторый математический объект ЦМ, совокупность которых называется *полем интерпретации*:

$$P(Int) = \langle Q(MD)_1, \dots, Q(MD)_m \rangle, \quad (6)$$

где  $\langle Q(MD)_1, \dots, Q(MD)_m \rangle$  – математические описания, определяющие общую структуру функциональных моделей АО динамической ситуации.

Всякому утверждению аксиоматической теории ставится в соответствие некоторое высказывание об элементах *поля интерпретации*, которое может быть истинно или ложно в данной ситуации. Поле интерпретации и его свойства являются предметом рассмотрения базовой теории – современной теории катастроф (СТК). Уточнением аксиоматической теории ЦМ является понятие *формальной системы*. Это позволяет представить аксиоматическую теорию формальной системы  $FS(M)$  как математические объекты и строить общую теорию ЦМ как *метатеорию таких интерпретаций*:

$$FS(M) = \langle Meta\{(PR)_1, \dots, (PR)_m\} \rangle, \quad (7)$$

где  $\{(PR)_1, \dots, (PR)_m\}$  – совокупность теоретических принципов, определяющих функционирование системы.

Аксиоматическая теория ЦМ предусматривает построение классов формул, обеспечивающих генерацию альтернатив и выбор решения. Структура формул реализует стратегию управления поведением объектов интерпретации в условиях неопределенности. Подход к генерации альтернатив в задаче построения технологической платформы ЦМ реализован на основе следующей аксиомы.

**Аксиома.** При выполнении условий нерегулярности и управления с геометрическими и функциональными ограничениями технологическая платформа ЦМ в условиях неопределенности реализуется на основе построения решений, порождаемых элементами АО ситуации, минимизирующими *функцию интерпретации* пространства поведения на заданном этапе эволюции системы.

Эта аксиома при построении динамической среды ЦМ применяется путем генерации решений в рамках концепции УС [7]. Пусть начальное состояние ЦМ неизвестно заранее и задано ограничение на допустимые значения определяющего параметра  $x^0 \in X^0$ . Тогда в каждый момент времени известно множество

$$X(t, u(\bullet)) = X(t, u(\bullet), X^0) = U\{x(t), u(\bullet), x^0 | x^0 \in X^0\}, \quad (8)$$

объединяющее все элементы технологической платформы ЦМ при известном управлении  $u = u(t)$  и всевозможных векторах  $x^0 \in X^0$ .

Таким образом, имеем ансамбль реализаций ЦМ интерпретируемой среды

$$X(t, u(\bullet)), t_0 \leq t \leq t_k, \quad (9)$$

порожденных множеством  $X^0$  и управлением  $u(\bullet)$  при заданном возмущении  $w(t)$ . Выбирая функцию  $u(t)$ , можно управлять множеством ЦМ в пространстве альтернативных решений.

При исследовании проблемы адаптируемости ЦМ вводится в рассмотрение фактор, приводящий к смещению системы из области одного аттрактора в область другого. Таким фактором являются изменения в динамике системы, обусловленные вектором параметров  $J(a)$ . Мера адаптируемости ЦМ рассматривается путем анализа величины и направления такого изменения вектора  $J(a)$ , которое необходимо, чтобы перевести вектор  $J(a)$  через особенность катастрофы  $\psi(Cat)$  [3].

Рассмотрим интерпретацию ЦМ на основе расширения функциональных возможностей подхода [6] за счет использования аналитической компоненты динамической модели

СТК [2]. Метод интерпретации ситуации в ЦМ представляется сетевой структурой, показанной на рис. 3.

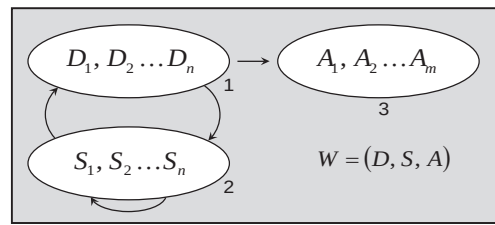


Рис. 3. Сетевая интерпретация структуры «диагнозы – симптомы – альтернативы»

Суперматрица сети в данной интерпретации отображает расширенную структуру:

$$W = (D, S, A) = \begin{bmatrix} 0 & \alpha_1 W_{12} & 0 \\ \beta_1 W_{21} & \alpha_2 W_{22} & 0 \\ \beta_2 W_{31} & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (10)$$

при использовании которой вводится в рассмотрение матрица

$$Q = \begin{bmatrix} 0 & \alpha_1 W_{12} \\ W_{21} & \alpha_2 W_{22} \end{bmatrix}, \quad (11)$$

с помощью которой оцениваются предельные приоритеты ненулевых элементов исследуемой сети. В устойчивом состоянии сети имеем  $[W_{31}, 0]Q^m$ . Приоритеты альтернатив совпадают с результатами, полученными для иерархии на рис. 3 потому, что  $W_{31} = w(A|D)$  и все столбцы матрицы идентичны вектору  $[w_1, w_2]$  [6].

## ЦИФРОВАЯ МОДЕЛЬ НА ОСНОВЕ МУЛЬТИАГЕНТНОЙ СИСТЕМЫ

Интерпретации ЦМ на основе [5] позволяют представить эволюционирующую систему мультиагентного моделирования (Multiagent Modeling System – MMS) в виде области взаимодействия интеллектуальных агентов (ИА) в среде коллективного интеллекта (рис. 4). Конфигурация ИА отображает согласованное поведение ИА; изменения в функционировании среды MMS в условиях адаптации и самоорганизации при непрерывном изменении динамики среды взаимодействия.



Рис. 4. Парадигма высокопроизводительных вычислений при формировании ЦМ

Виртуальные средства MMS при интерпретации ЦМ разрабатываются в зависимости от особенностей контроля АО ситуации. В рамках концепции MMS контроль среды взаимодействия представляется кортежем [5]

$$\langle \Phi(FC), X, Y \rangle, \quad (12)$$

где  $\Phi(FC)$  – функция нечеткого соответствия, определяющая среду MMS в пространствах поведения и управления динамической модели СТК;  $X$  – область входных воздействий,  $Y$  – область выхода системы, причём декартово произведение

$$X \times Y \subseteq M(FC) \quad (13)$$

определяет множество, задающее область определения нечеткого соответствия.



Ассоциация ИА, образующих среду MMS, представлена в виде следующего описания:

$$MMS = \langle N(S), Ag, E, P(S) \rangle, \quad (14)$$

где  $N(S)$  – наименование интерпретирующей системы;  $Ag \in Ag(S)$  – набор всех конфигураций ИА в среде MMS;  $E \in E_s$  – совокупность жизненных пространств MMS;  $P(S)$  – общесистемные характеристики среды MMS.

Стратегия поведения среды MMS в ЦМ представляет собой множество взаимозависимых функций, пересечение которых представляет собой процесс принятия решений ансамблем ИА.

## СТРАТЕГИЯ И ТАКТИКА ЭКСПЕРИМЕНТА НА ОСНОВЕ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ

Концепция ЦМ определяет эффективные механизмы уменьшения сложности описания модели ИА в среде MMS. При этом в поведении ИА выделяется система взаимосвязанных функциональных моделей (ФМ), представляющих собой совокупность параметров ИА, определяющих специфику реализации модели поведения. ФМ отдельного ИА формируется как взвешенная композиция базовых моделей.

Компактность описания ФМ позволяет упростить согласование и утверждение моделей поведения отдельных типов ИА, включаемых в ФМ, что повышает прогностические свойства технологии MMS.

Группа взаимодействующих ИА в ЦМ описывается с помощью пространства состояний и действий, а также стратегий поведения в условиях адаптации и самоорганизации:

- $A = A_1, \dots, A_n$  – пространство действий, где  $A_j = A_j(S_j)$ ,  $A_j \in A_j$ . Текущее действие ИА  $a_j \in A_j$  является частью объединенного действия  $a = [a_1, \dots, a_n]$  MMS;
- пространство состояний в ЦМ – множества переменных состояния  $S = \{S_1, \dots, S_n\}$ , где  $S$  определяет состояние ИА  $S_j$  в MMS с учетом его переменной состояния  $S_j$ ;
- глобальная стратегия поведения  $a_i = P(S_i)$  в ЦМ определяет объединенное действие по текущему состоянию MMS.

Целью обучения группы ИА является формирование оптимальной эволюционной стратегии  $\pi^*$ , минимизирующей глобальную функцию ценности  $Q^*(S, a)$ . В задачах кооперации ИА учитывают только релевантные состояния и действия других агентов, что позволяет уменьшить пространство поиска состояний MMS при интерпретации динамических ситуаций. Знания о релевантных влияниях ИА друг на друга, максимизирующие функцию  $Q^*(S, a)$ , определяет *стратегию координации*. На основе ЦМ в среде MMS можно инициализировать процессы самоорганизации путем замены реальной ситуации на искусственную среду, характеристики которой определяют АО ситуации.

## ПЛАНИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ СИТУАЦИЙ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ

В качестве аппарата планирования и анализа динамических ситуаций в ЦМ используется матрица стратегических решений, представленная в виде трехуровневой иерархии [4]:

$$W = (G, C, A) = [W_A, W_B], \quad (15)$$

где  $G$  – цели MMS;  $C$  – критерии оценки ситуации;  $A$  – альтернативы, соответствующие концепции различных схем взаимодействия ИА в среде MMS;  $W_A$  – вектор, который представляет воздействие цели  $G$  на критерии  $C$ ;  $W_B$  – матрица, содержащая приоритеты воздействия критериев на каждую из альтернатив.

Процесс развития эволюционной динамики ЦМ с учетом возможности возникновения новых ситуаций вследствие ре-

комбинации и преодоления пороговых значений в заданной ситуации описывают с помощью следующих рекуррентных соотношений:

$$x_{i0}^{t+1} = f_i(y_{t+1}); \quad (16)$$

$$x_{ij}^{t+1} = \alpha_{i,j-1}^t x_{i,j-1}^t \quad (j \neq 0); \quad (17)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \beta_{i,j}^{t+1} x_{i,j}^{t+1}. \quad (18)$$

Здесь  $\alpha_{ij}^t \geq 0$  и  $\beta_{ij}^t \geq 0$  – коэффициенты взаимодействия  $i$  в ситуации  $j$  в период  $t$ ;  $y^t$  – суммарная оценка ситуации вследствие использования управляющих воздействий, повышающих устойчивость системы взаимодействия;  $f_i(y_i)$  – зависимость числа ситуаций от управляющих воздействий.

На основе соотношений (1) – (18) реализованы различные интерпретации ЦМ в практических приложениях судостроения и морской техники (рис. 5)

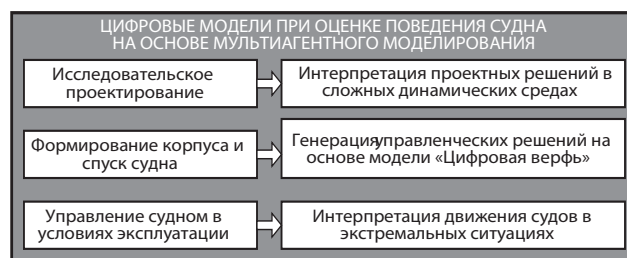


Рис. 5. ЦМ в приложениях кораблестроения и морской техники

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Моделирование АО эволюционной динамики ЦМ реализуется на основе MMS. Интерпретирующий модуль МПК обеспечивает выполнение процедур функционирования MMS на основе НФС. Процедуры преобразования информации при построении АО технологических ситуаций ЦМ в среде MMS реализованы в пространствах поведения и управления СТК. Разработанный концептуальный базис среды взаимодействия в MMS – это интегрированная модель ассоциации ИА, которые обладают функцией погружения в виде набора множества состояний среды и множества действий ИА, определяемых стратегией самоорганизации. Функция погружения содержит алгебру поведения ИА в виде функциональных моделей. Концепция MMS допускает возможность использования многоуровневых сред взаимодействия, обеспечивающих эквивалентные преобразования в режиме УС.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Воронин А.А., Мишин С.П. Оптимальные иерархические структуры. – М.: ИПУ РАН, 2003. – 214 с.
2. Нечаев Ю.И. Теория катастроф: современный подход при принятии решений. – СПб.: Арт-Экспресс, 2011. – 392 с.
3. Нечаев Ю.И. Современные проблемы информатики и вычислительной техники. – СПб.: Арт-Экспресс, 2018. – 384 с.
4. Нечаев Ю.И. Проблемы мультиагентного моделирования на основе нейродинамических систем и современной теории катастроф. – XX Международ. науч.-техн. конф. «Нейроинформатика-2018». – Лекции по нейроинформатике. – М.: НИЯУ МИФИ, 2018, с.157 – 199.
5. Новиков Д.А., Петраков С.Н. Курс теории активных систем. – М.: СИНТЕГ, 1999. – 104 с.
6. Саати Т. Принятие решений при зависимостях и обратных связях. – М.: Изд. ЛКИ. 2008. – 360 с.
7. Urgent Computing Workshop 2007. Argonne National Lab, University of Chicago, April 25–26, 2007. – [Электронный ресурс]: <<http://spruce.teragrid.org/workshop/urgent07.php>>. ■

**А**кционерное общество «Морские навигационные системы» (АО «МНС») – один из лидеров в отечественном морском приборостроении в области создания интегрированных мостиковых систем, электронных картографических навигационных информационных систем, навигационных тренажеров, комплексов навигационного, гидрографического и гидроакустического оборудования. Развитая научно-исследовательская, производственная, материально-техническая база и высокая квалификация персонала позволяют АО «МНС» быть востребованным на современном рынке.

Опыт АО «МНС» внедрения систем многолучевых эхолотов и гидрографического оборудования насчитывает более 25 лет. За эти годы ими были оснащены более 30 кораблей, судов и катеров различных ведомств. В комплекс работ при поставке оборудования входит его комплексирование и сопряжение с судовыми системами, монтаж, разработка конструкторской документации и специального программного обеспечения, пусконаладочные работы, гарантийное и послегарантийное обслуживание.

При оснащении судов гидрографическим оборудованием специалисты АО «МНС» руководствуются, в первую очередь, принципом комплексного подхода, рассматривая судно как платформу для размещения этих средств, а сами средства – как часть единого комплекса, объединенного общей задачей изучения Мирового океана. В АО «МНС» выработан и поддерживается проверенный комплексный подход к решению задач оснащения различных по водоизмещению судов, который условно можно разделить на два этапа (рис. 1).

Основу комплексов гидрографического оборудования, создаваемых АО «МНС», составляют комплексы многолучевых эхолотов (МЛЭ). Их состав и технические характеристики

## АО «МНС»: ОПЫТ ОСНАЩЕНИЯ СУДОВ ГИДРОГРАФИЧЕСКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ

**К.А. Смирнов**, канд. техн. наук, ген. директор,  
**Н.А. Нестеров**, д-р техн. наук, проф., руководитель проекта,  
**Р.А. Андреюк**, начальник отдела, гл. конструктор,  
АО «МНС»,  
контакт. тел. (812) 320 3840

могут варьироваться в зависимости от размеров и водоизмещения судна (катера), поставленных задач, предполагаемых районов и объемов исследований.

За последнее десятилетие технические и программные средства МЛЭ претерпели значительные изменения. Взамен громоздкой и дорогостоящей аппаратуры, не всегда надежной и сложной в эксплуатации, появились достаточно компактные и надежные системы, которые могут быть установлены даже на небольших катерах. Значительно усовершенствовалось и программное обеспечение, позволяющее компенсировать систематические погрешности и повысить точность вычисления глубин.

Применение МЛЭ позволяет значительно повысить эффективность съемки рельефа дна и обнаружения естественных и искусственных донных объектов. Глубины измеряются одновременно во множестве точек (до 800) дна, расположенных в некоторой полосе, так называемой полосе обзора, перпендикулярной направлению движения носителя (рис. 2). По сути, МЛЭ осуществляет площадную съемку рельефа дна. Ширина полосы обзора может задаваться либо фиксированным углом обзора (угол между крайними лучами), либо физической шириной – переменной величиной, которая изменяется с глубиной.

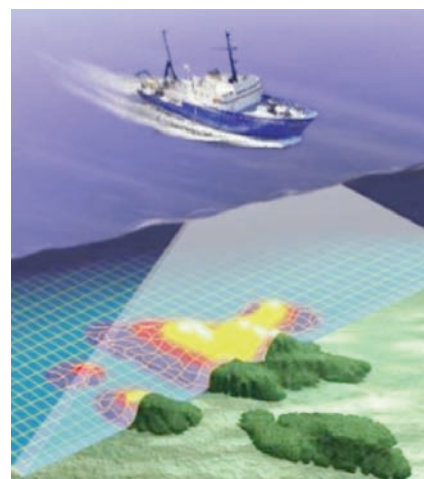


Рис. 2. Измерение глубин МЛЭ в полосе съемки

Если сравнивать съемку рельефа дна МЛЭ с однолучевым, то основными преимуществами являются сведение к минимуму междугалсовых расстояний и, тем самым, снижение вероятности пропуска отличительных глубин и навигационных опасностей и повышение детализации съемки (рис. 3 и рис. 4).

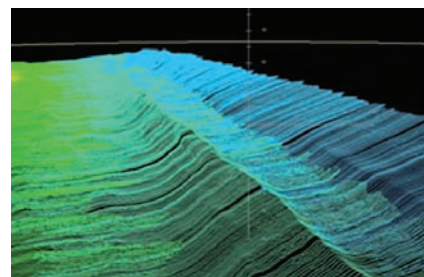


Рис. 3. Фрагмент 3-мерного изображения рельефа дна

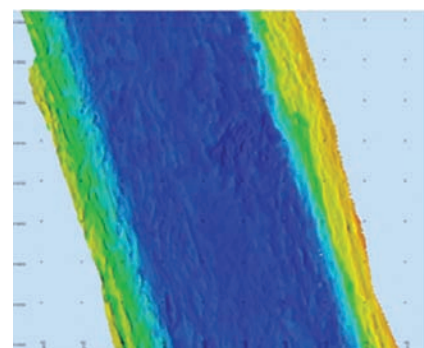


Рис. 4. Фрагмент планшета съемки

Гидрографические комплексы, создаваемые АО «МНС», базируются на

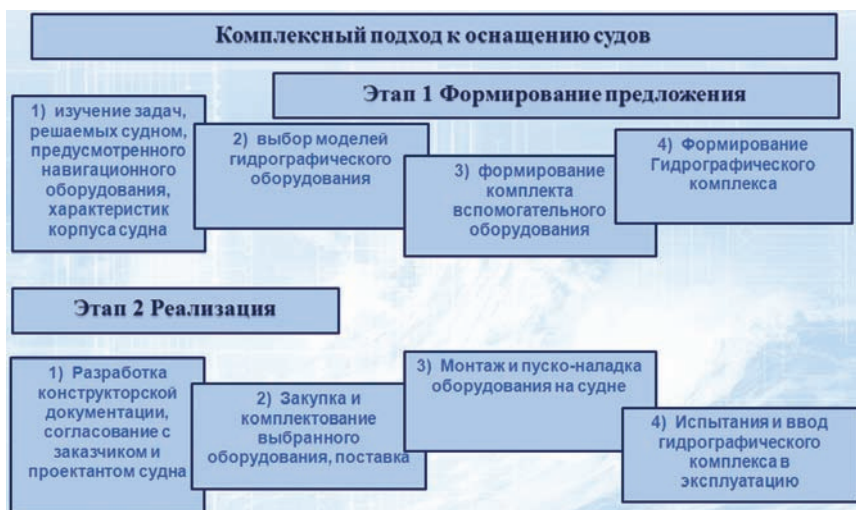


Рис. 1. Схема комплексного подхода к решению задач оснащения судов гидрографическим оборудованием



Основные характеристики МЛЭ фирмы Reson

| Характеристика                                | МЛЭ        |                            |                      |                          |
|-----------------------------------------------|------------|----------------------------|----------------------|--------------------------|
|                                               | T-20       | T-50TR                     | HydroSweep-MD30      | HydroSweep DS            |
| Акустическая частота, кГц                     | 200/400    | 400/200/150                | 24–30                | 14–16                    |
| Дальность, м                                  | 400/150    | 425/900/900                | 5–7000               | От 100 до 11 000         |
| Ширина луча, град.:<br>поперечно<br>продольно | 2/1<br>2/1 | 0,5/1,0/1,5<br>0,5/1,0/1,5 | 1,1 5 или 3<br>1–1,5 | От 0,5 до 2<br>От 1 до 2 |
| Число лучей                                   | 10/512     | 10/512                     | 320/960              | До 960                   |
| Частота акустических посылок, Гц              | До 50      | До 50                      | До 15                | До 10                    |
| Ширина сектора, град.                         | 140/165    | 10–150/10–165              | 140                  | 150                      |
| Разрешение по глубине (статистическое), мм    | 6          | 6                          | 60                   | 60                       |

линейке МЛЭ фирмы Reson A/S (см. таблицу).

В состав перечисленных МЛЭ входит высокопроизводительный промышленный процессор SPU 7K, который управляет потоками данных, обеспечивает формирование лучей, осуществляет начальную обработку акустических сигналов и первичную обработку данных. Диалоговый интерфейс программного обеспечения «7K Control Center» позволяет выбирать необходимую конфигурацию системы и настраивать рабочие параметры, отображать окружающую обстановку и документировать информацию.

Современные МЛЭ способны изменять интенсивность отраженного сигнала по каждому лучу и на основе этой информации создавать геометрически правильное акустическое изображение – сонограмму морского дна в полноте обзора. Эта цифровая сонограмма, похожая на сонограмму гидролокатора бокового обзора, является координатно-привязанным непрерывным растровым изображением дна, позволяющим визуально обнаруживать различные естественные и искусственные объекты.

Оперативное совмещение векторного цифрового изображения с растровым изображением сонограммы обеспечивает возможность получения дополнительной информации как о самом рельефе, так и о донных объектах.

Вторым, не менее важным средством гидрографического оборудования, поставляемым АО «МНС», являются донные профилографы (ПФЛ). Принцип действия ПФЛ заключается в излучении низкочастотных акустических импульсов и регистрации отраженных ответных, часть которых проникает внутрь донных отложений. По задержкам времени прохождения сигналов определяется толщина слоев дна, их геометрия (наклон, протяженность и т. п.) и получается информация о характере грунта в слоях (рис. 5). Основная характеристика ПФЛ – проникающая способность, т. е. глубина проникновения зондирующих импульсов в донные породы. Проникаю-

щая способность зависит и от мощности модели, и от типа грунта, и от характера сигнала.

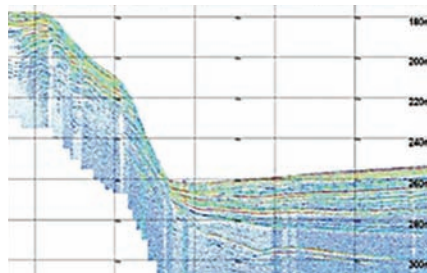


Рис. 5. Отображение стратификации грунта дна

Для выполнения съемки рельефа дна, определения стратификации грунта и получения отчетных материалов в полном объеме МЛЭ и ПФЛ могут быть функционально объединены с навигационными и другими измерительными системами в единый аппаратно-программный гидрографический комплекс. Выбор модели гидрографического комплекса наряду с выбором МЛЭ и ПФЛ предполагает и определение оптимального состава аппаратуры, технических средств, специального программного обеспечения (СПО) и вспомогательного оборудования. Поэтому для формирования комплекса все вспомогательные средства объединяются в комплект вспомогательного оборудования как важная составляющая.

В качестве примера можно привести разработанный АО «МНС» комплекс навигационно-гидрографического гидроакустического оборудования (КНГГО).

В состав КНГГО входят следующие средства: многолучевые эхолоты «SeaBat 7150B» и «SeaBat 7111», донный профилограф «ECHOES 3500-3», спутниковая инерциальная навигационная система (СИНС) Applanix MV2, навигационная гидроакустическая система (НГС) «POSIDONIA», измеритель профиля скорости звука (ИПСЗ) SVP70, измеритель скорости звука (ИСЗ) miniSVP, комплект вспомогательного оборудования (КВО).

В «SeaBat 7150B» и «SeaBat 7111» дополнительно к основному режиму

МЛЭ, имеется режим бокового гидролокационного обзора, который формирует изображение морского дна. С его помощью можно определять местонахождение объектов и идентифицировать характер донных пород.

СИНС позволяет получить данные о месте (широте, долготе и высоте), курсе и скорости, крене и дифференте, вертикальном перемещении (качке) судна. Это дает возможность проводить промер в сложных погодных условиях. СИНС генерирует данные пространственного положения по трем осям: измерения крена, дифферента и курса с точностью  $\pm 0,02^\circ$ .

При проведении гидрографических работ с использованием подводных аппаратов определение их места относительно судна или относительно донных маяков-ответчиков осуществляется ультразвуковым или длиннобазным способами с помощью НГС.

На рис. 6 представлена аппаратура НГС, входящая в состав КНГГО.

Навигационная привязка гидрографической информации осуществляется с использованием навигационной аппаратуры потребителя спутниковой навигационной системы (НАП СНС) «Бриз-КМ-К» судна. Данные от НАП СНС и СИНС транслируются через прибор приема и коммутации из состава КВО в процессор SPU 7K МЛЭ.

ИПСЗ miniSVP – высокоточный зонд для измерения абсолютной скорости распространения звука и температуры воды до глубины 2000 м с использованием технологии прямого зондирования.

Для определения скорости звука непосредственно у вибратора МЛЭ используется ИСЗ SVP70. Диапазон измерений – от 1350 до 1600 м/с, разрешение – 0,1 м/с, погрешность составляет  $\pm 0,25$  м/с.

Предварительная и окончательная обработка материалов гидрографических работ ведется с помощью различных пакетов специального программного обеспечения (СПО). В КНГГО применяется СПО PDS2000. Оно позволяет отображать трехмерную модель рельефа дна в реальном времени, что в связке со встроенным режимом гидролокационного обзора дает возможность оперативно определять и отмечать навигационные опасности, донные объекты и участки, требующие дополнительного обследования.

Заключительный этап обработки – построение матрицы глубин с заданным размером ячейки, на которой визуально можно проверить качество полученных данных и результаты их обработки.

В составе СПО имеются модули подготовки картографических и статистических отчетных материалов.

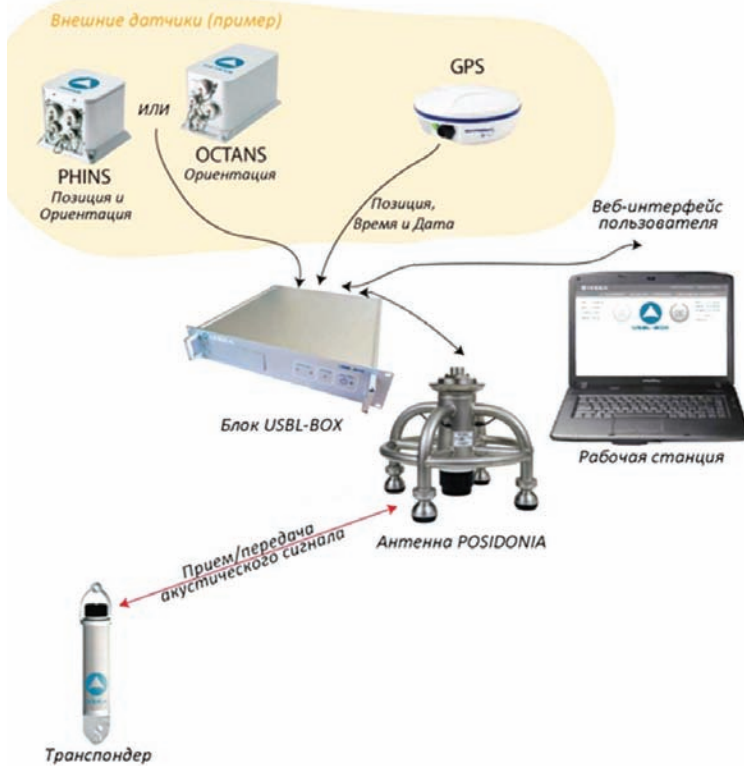


Рис. 6. Аппаратура НГС, входящая в состав КНГГО

Типовая структура КНГГО представлена на рис. 7. В состав комплекса может быть включено несколько эхолотов.

Для конструктивного размещения антенн МЛЭ и ИСЗ SVP70 разработан обтекатель антенн (рис. 8), предназначенный:

других устройств, способных создавать на ходу местные завихрения, а также насыщать подкильную струю газовыми потоками, маслом, топливом или другими веществами.

На комплект вспомогательного оборудования (КВО) возлагаются следующие функции:

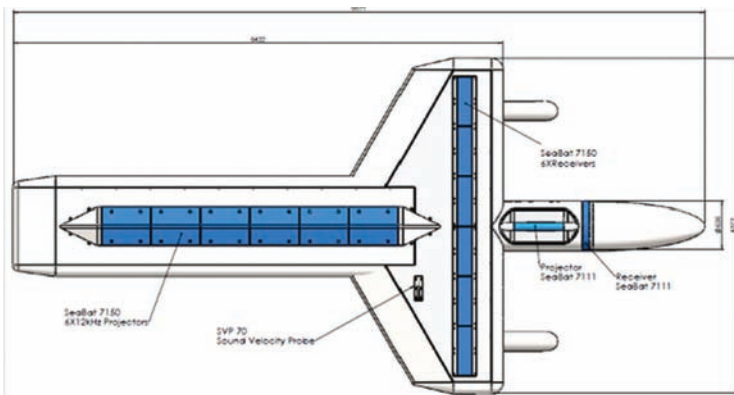


Рис. 8. Обтекатель антенн

- для уменьшения влияния турбулентных потоков от носовой части судна, подруливающих устройств;
- для уменьшения влияния пузырьков воздуха в подкильном потоке воды;
- для обеспечения наименьших гидроакустических помех при движении и маневрировании.

Обтекатель позволяет удалить антенны МЛЭ и ПФЛ от мест расположения всасывающих, выбрасывающих и

- обеспечение размещения и защиты оборудования МЛЭ, ПФЛ, НГС и ИПСЗ;
- формирование рабочих мест операторов;
- обеспечение оптимального использования МЛЭ, ПФЛ, НГС и ИПСЗ путем доукомплектования при необходимости дополнительным оборудованием (вычислительная техника, накопители информации, навига-

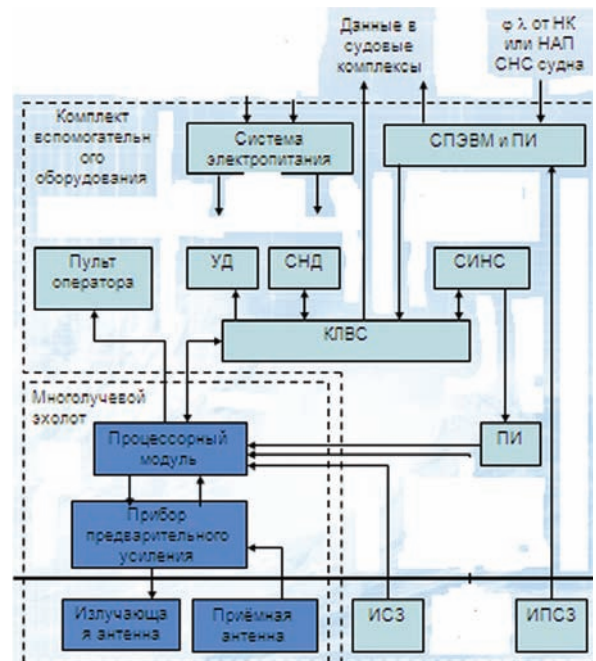


Рис. 7. Типовая структура КНГГО

СПЭВМ и ПИ – прибор индикации; УД – устройство документирования формата до А0 включительно; СНД – сетевой накопитель данных; СИНС – спутниковая инерциальная навигационная система; КЛВС – коммутатор локальной вычислительной сети; ПИ – прибор индикации

онная аппаратура и др.);

- обеспечение электропитанием с требуемыми характеристиками;
- регистрация и хранение полученной информации на магнитных носителях;
- документирование информации на твердых (бумажных) носителях;
- прием, обработка и передача в МЛЭ, ПФЛ и НГС навигационной информации;
- выдача навигационной и гидрографической информации в другие системы и комплексы.

Опыт АО «МНС» по оснащению судов гидрографическим оборудованием показывает, что МЛЭ и ПФЛ обеспечивают высокую эффективность при съемке рельефа дна, позволяют получать качественные данные и с высокой вероятностью, точностью и детализацией определять навигационные опасности, характер рельефа и стратификацию грунта дна. Современное СПО предоставляет возможность в онлайн режиме идентифицировать различные подводные объекты и оперативно отмечать их. Для повышения уровня технологичности съемки и обработки в полном объеме ее материалов целесообразно объединение МЛЭ и ПФЛ с навигационными и другими измерительными системами в единый аппаратно-программный гидрографический комплекс. ■



**В** настоящее время в связи с развитием методов и систем спутниковой навигации астронавигационное определение места судна в открытом море отнесено к резервным методам судовождения. Это означает, что в нештатной ситуации инструменты мореходной астрономии должны быть максимально эффективными [1].

Используемый сегодня на всех судах мирового торгового флота традиционный секстан для астронавигации способен измерять лишь один навигационный параметр – высоту светила. Для его измерения необходимо видеть четкий горизонт и светило. Но горизонт бывает виден только днем, когда имеется всего одно светило – солнце, и в короткие промежутки утренних и вечерних навигационных сумерек, когда еще виден горизонт и уже заметны яркие звезды. Наиболее значительная часть суток – ночь, когда хорошо видно множество звезд – не используется для астронавигации из-за отсутствия видимого горизонта. Проблемы с видимым горизонтом возникают также при плавании в полярных водах из-за наличия дрейфующих льдов.

Попытки ликвидировать зависимость астронавигации от видимого горизонта предпринимались и ранее. Были созданы секстаны с искусственным горизонтом, использующие свойства гироскопов. Для питания гироскопов требовалось подключение секстана к бортовой электросети, а для устранения колебательных движений гироскопа – достаточно длительное (до получаса) удержание светила в поле наблюдения. Это существенно ограничивало автономность прибора.

Секстан с поворотным большим зеркалом (СПБЗ) содержит только детали, дополняющие механическую систему традиционного секстана механической системой поворота большого зеркала в азимутальной плоскости (рис. 1).



Рис. 1. Секстан с поворотным большим зеркалом

Особенность прибора состоит в том, что он в полной мере сохраняет автономность, не требует электропитания, а процесс наблюдения сводится к совмещению изображений прямовидимого светила и отраженного в зеркалах, что занимает менее одной минуты.

## ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ПОВЕРОЧНОГО СТЕНДА ДЛЯ СЕКСТАНА С ДВУМЯ СТЕПЕНЯМИ СВОБОДЫ БОЛЬШОГО ЗЕРКАЛА

**Ф.Ш. Габбасов**, капитан атомного лихтеровоза «Севморпуть»,  
ФГУП «Атомфлот»,

**С.И. Бабич**, аспирант ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта», второй помощник капитана ГУАЛ «Арктика»,  
контакт. тел. +7(913) 895 1335

Новая техническая идея в виде СПБЗ защищена патентом Российской Федерации (№ 2523 100 МПК G 01 С 1/08 [2]) и позволяет расширить возможности секстана с сохранением основного свойства – автономности при незначительном усложнении механической схемы.

Как и любой другой углоизмерительный прибор, СПБЗ нуждается в тарировке шкал, проверке точности снятия показаний. Ряд проведенных стендовых исследований с прибором показал, что при измерении разности азимутов двух объектов наблюдается возрастающая функциональная погрешность [3], что, в свою очередь, было теоретически подтверждено и формулы для её устранения опубликованы [4]. Однако на больших разностно-азимутальных углах полученные теоретические значения погрешностей расходятся со стендовыми значениями. Анализ полученных результатов привел к формулированию новых задач по созданию более совершенного поверочного стенда для тарировки СПБЗ.

Процесс разработки поверочного стенда начался с изучения существующего поверочного стенда для традиционных секстанов. Им стал действующий гониометр фирмы «Фрайбергер» (ГДР) – прибор, служащий для проверки традиционных навигационных секстанов в лабораторных условиях. Прибор построен на принципе сравнения угла, измеренного секстаном, с точным значением этого же угла, установленного на приборе. Гониометр имеет только один лимб – горизонтальный, и поэтому не пригоден к проверке СПБЗ. Схема прибора показана на рис. 2.

Данные о методике поверки традиционных секстанов и конструкции самого стенда, описанные в технической и экс-

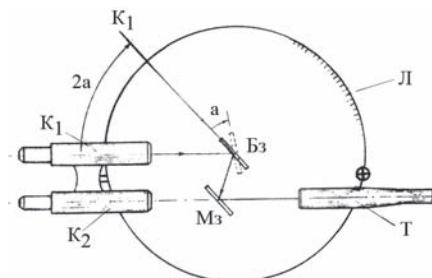


Рис. 2. Схема гониометра

плуатационной документации гониометра фирмы «Фрайбергер», послужили базисом при разработке поверочного стенда для СПБЗ.

При конструировании поверочного стенда следовало:

- добиться высокой точности снятия показаний;
- наделить возможностью поверять как традиционные секстаны, так и секстаны, обладающие двумя степенями свободы большого зеркала;
- сделать компактным и пригодным к транспортировке;
- добиться простоты в использовании.

Такой стенд был воплощен в металле в конце 2019 г. и получил название универсального поверочного стенда (УПС) «Сфера» (рис. 3).

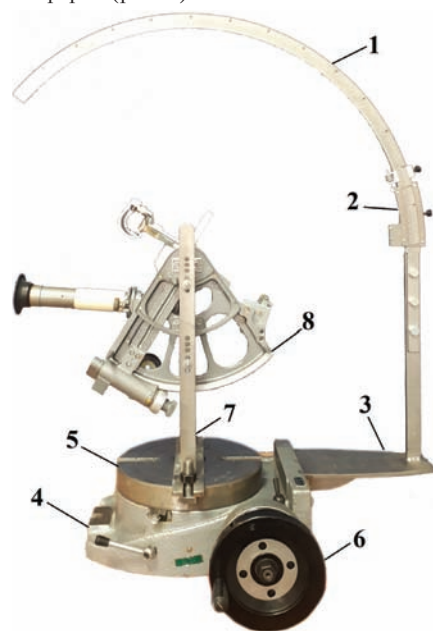


Рис. 3. Поверочный стенд «Сфера» с установленным СПБЗ

1 – высотный лимб; 2 – коллиматор высотного лимба с отсчетно-стопорным устройством; 3 – кронштейн высотного лимба; 4 – поворотный стол; 5 – азимутальный лимб; 6 – отсчетно-стопорное устройство азимутального лимба; 7 – кронштейн для крепления секстана; 8 – СПБЗ

Основанием поверочного стенда служит поворотный горизонтально-вертикальный стол типа TSL, снабженный червячным механизмом и отсчетным

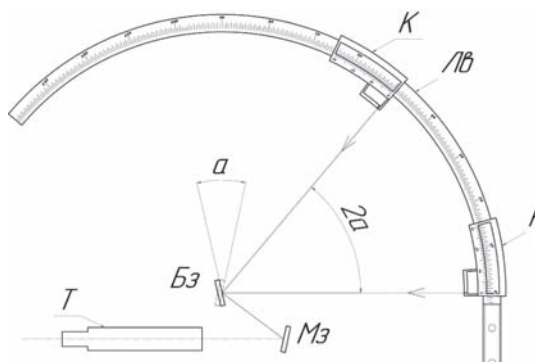


Рис. 4. Схема измерения вертикальных углов

устройством с минимальным делением на лимбе 10 угловых секунд. У торцевой части поворотного стола устанавливается кронштейн высотного лимба. Высотный лимб имеет внутренний диаметр 300 мм и угловую разбивку 140°, на него крепится подвижный бегунок, снабженный светодиодным коллиматором, стопорным устройством и шкалой нониуса с минимальным делением 1 угловая минута. Секстанс крепится к азимутальному лимбу стенда с помощью специального кронштейна, позволяющего выставить секстансы различных конструкций в пригодном для работы положении. Установленный секстанс вращается по горизонтали вместе с азимутальным лимбом стенда. Схемы поверочного стенда «Сфера» изображены на рис. 4 и рис. 5.

Принцип работы стенда выглядит следующим образом: дневная подзорная труба (Т) крепится на раму секстана, устанавливается параллельно ей же и остается неподвижной относительно секстана. Считается, что секстан постоянно направлен на прямовидное светило (ПС), таким образом ось Т имитирует ПС. Коллиматор (К) имитирует дважды отраженное светило (ДОС) с помощью световой точки диаметром 0,05 мм. Секстан устанавливается так, что его большое зеркало (Бз) находится в центре равных

радиусов высотного лимба (ЛВ), который находится на оси азимутального лимба (ЛА).

При параллельном положении большого и малого зеркал, т.е. когда углы  $a$  и  $b$  по секстану равны 0°, световая точка коллиматора должна быть совмещена с биссектором зрительной трубы (рис. 6). При этом точный отсчет этих углов стенда будет  $0_1$ .

При повороте большого зеркала на углы  $a$  и  $b$  для совмещения биссектора подзорной трубы и световой точки коллиматора необходимо переместить коллиматор и повернуть азимутальный лимб стенда на углы  $2a$  и  $2b$  соответственно (рис. 7). При этом точный отсчет этих углов стенда будет  $0_2$ .

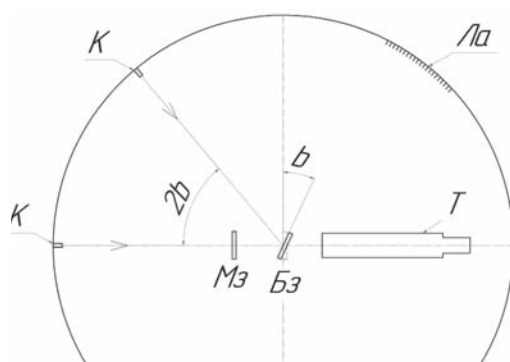


Рис. 5. Схема измерения горизонтальных углов

станом, с их истинными значениями, снятыми по стенду.

Справедливо считать, что поставленные задачи перед конструированием поверочного стенда были выполнены полностью:

- стенд обладает достаточной точностью для обнаружения различий в экспериментальных и теоретических данных, полученных в предыдущих исследованиях. Диапазон измерения горизонтальных углов – 360°, диапазон измерения вертикальных углов – 140°. Цена деления горизонтального лимба – 10", цена деления вертикального лимба – 1';
- стенд позволяет вести поверку как традиционных секстансов, так и секстансов, обладающих двумя степенями свободы большого зеркала;
- благодаря небольшому весу и размеру стенда его может переносить и устанавливать один человек. Масса стенда 40 кг при габаритных размерах 750×570×290 мм;
- методика проведения исследований на стенде достаточно проста и пригодна для их выполнения одним человеком.

В дальнейшем необходимо провести стендовые исследования на УПС «Сфера» по определению функциональной погрешности, появляющейся при измерении СПБЗ разности азимутов двух светил.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Сичкарёв В.И., Титов С.В., Бабич С.И. Новый секстанс для измерения разности высот и азимутов светил // Речной транспорт (XXI век). – 2017. – № 1. – С. 57–58.
2. Сичкарёв В.И. Секстанс. Патент на изобретение РФ № 2523100 от 22.05.2014, МПК G01 С 1/08 (2006.01). Приоритет от 28.02.2013.
3. Бабич С.И., Солюянов Е.В., Дьячков Л.В. Измерения поправок высот секстана с поворотным большим зеркалом // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2016. – № 3,4. – Новосибирск: СГУВТ, 2016. – С. 71–74.
4. Сичкарёв В.И. Методические погрешности измерения разностей высот и азимутов светил секстаном с двумя степенями свободы большого зеркала // Судовождение-2018 – Новосибирск: СГУВТ, 2018. – С. 3–14.
5. Бабич С.И. К вопросу о поверочных стендах // Судовождение-2018 – Новосибирск: СГУВТ, 2018. – С. 37–44. ■

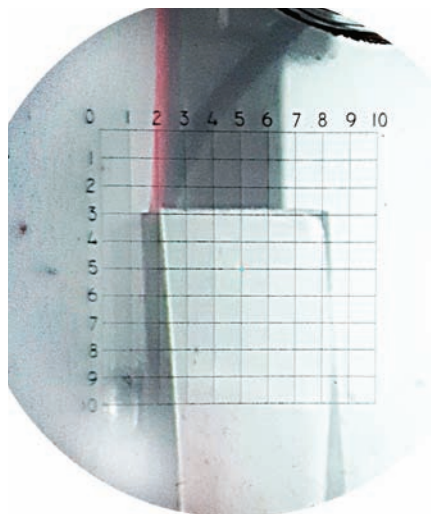


Рис. 6. Совмещение биссектора подзорной трубы со световой меткой коллиматора, вид через подзорную трубу

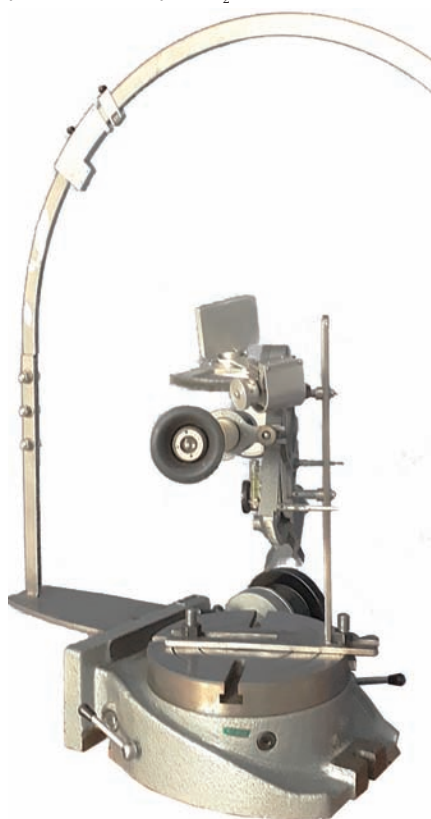


Рис. 7. Совмещение биссектора подзорной трубы со световой меткой коллиматора, вид на стенд

Разность отсчетов  $0_2 - 0_1$  даст истинное значение углов, измеренных секстаном. Таким образом предоставляется возможность сравнивать углы, измеренные сек-



**П**еревозка пакетированных пиломатериалов морем связана с определенной степенью опасности и риска, что объясняется характером загрузки судов, так как обычно при полной загрузке третья часть всего груза располагается на верхней палубе. При таком виде загрузки запас его остойчивости может составлять всего 10–20 см, а этого при определенных морских условиях эксплуатации судна может оказаться недостаточно для поддержания мореходных качеств. В связи с этим разработан целый комплекс национальных и международных правил, регламентирующих перевозку пиломатериалов морем.

К российским документам, регламентирующим перевозку пиломатериалов, относятся:

- РД31.11.21.16 – 2003. Правила безопасности морской перевозки грузов (с изменениями на 6 июля 2012 г.) [1].
- РД31.11.21.01 – 97. Правила безопасности морской перевозки лесных грузов [2].
- Правила регистра судоходства в части остойчивости судна и назначения высоты надводного борта [3].
- К международным нормативным документам относятся:
- Международная конвенция о грузовой марке, 1966 г. [4].
- Кодекс по безопасной практике укладки и крепления груза, 2011 г. [5].
- Кодекс безопасной практики для судов, перевозящих палубные лесные грузы, 2011 г. [6].
- Конвенция SOLAS [7].

Согласно РД31.11.21.01–97, максимально допустимое расстояние между поперечными найтовыми в зависимости от наибольшей высоты штабеля пиломатериалов над открытой палубой вблизи найтова должно составлять:

- при высоте штабеля пакетированных пиломатериалов до 4 м – максимальное расстояние между найтовыми – не более 3,0 м [2];
- при высоте штабеля пакетированных пиломатериалов от 6 м – максимальное расстояние между найтовыми – не более 1,5 м [2];
- при промежуточной высоте штабеля расстояние между найтовыми должно быть рассчитано линейной интерполяцией [2].

В соответствии с Международным кодексом по безопасной укладке и креплению груза 2011 г. максимальное расстояние между поперечными найтовыми определяется в зависимости от высоты палубного груза в месте крепления:

- при высоте штабеля пакетированных пиломатериалов до 2,5 м – максимальное расстояние между найтовыми – не более 3 м [6];
- при высоте штабеля пакетированных пиломатериалов более 2,5 м – макси-

## АНАЛИЗ РОССИЙСКИХ И МЕЖДУНАРОДНЫХ ТРЕБОВАНИЙ К РАСЧЕТАМ КРЕПЛЕНИЯ ПАЛУБНОГО ГРУЗА ПАКЕТИРОВАННЫХ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

**Г. А. Пелехов**, аспирант ФГБОУ ВО «ВГУВТ», Нижний Новгород, контакт. тел. +7(902) 504 0508

мальное расстояние между найтовыми – не более 1,5 м [6];

- при промежуточной высоте штабеля расстояние между найтовыми должно быть получено линейной интерполяцией [6].

Все натяжные элементы после окончания крепления штабеля должны быть натянуты не более чем на половину рабочего хода натяжного элемента, для того чтобы иметь запас для подтяжки найтовов во время рейса, также во время крепления не следует делать чрезмерное натяжное усилие [1,2].

Палубный груз пиломатериалов – нестандартный структурообразующий груз, который в процессе погрузки образует отдельные дискретные массивы (штабели), свойства которых зависят не только от характеристик отдельных грузовых мест, но и от порядка, направления и способа укладки пакетов [1]. Поэтому расчет крепления палубного груза должен выполняться с учетом характеристик всего штабеля, а не одного конкретного пакета. Согласно РД31.11.2116 – 2003 расчет крепления палубного структурообразующего груза выполняют с использованием угла статической устойчивости структуры (штабеля), т.е. угла начала разрушения штабеля пакетированных пиломатериалов вследствие опрокидывания, соскальзывания или потери устойчивости структуры штабеля [1]. Расчет выполняют так: сначала рассчитывают критерий несмещаемости для угла динамической остойчивости штабеля пакетированных пиломатериалов, по которому определяют необходимость крепления, затем, если крепление требуется, по углам динамического крена судна и динамической устойчивости груза рассчитывают прочность необходимого крепления в зависимости от количества пакетов и их средней массы. Согласно Международному кодексу, расчеты крепления палубного каравана делают с учетом коэффициента трения между лесным палубным грузом и палубой/крышками трюма [6]. Коэффициент трения учитывается только для первого яруса. В Международном кодексе приведен пример расчета: груз уложен в два яруса, что подтверждается графической схемой и высотой палубного груза по условию 2,4 м [6]. В то же время в расчетах учитывают поперечное ускорение, а также

площадь парусности и площадь, подверженная воздействию морских волн.

В расчетах крепления коэффициент трения имеет большое значение также для угла статической устойчивости (в случае соскальзывания пакетов как с палубы и крышек трюмов, так и пакета с пакета). Коэффициенты трения, приведенные и в Международном кодексе и в РД 31.11.21.01–97, отличаются.

Попробуем определить количество крепления разными способами. В Международном кодексе указано, что скольжение между рядами будет предотвращаться пакетами первого яруса с разной высотой [6], при этом от опрокидывания это никак не защищает, так же как и крайние пакеты второго яруса от соскальзывания.

Таким образом, в расчетах следует учесть, что пакеты второго яруса имеют меньший угол статической устойчивости. Следовательно, результаты расчетов будут отличаться. Проверим это. Выполним расчет с фактическим значением угла статической устойчивости для штабеля в два яруса (продольная укладка). Этот угол равен 16 град. [2], количество найтовов – 474 шт. (изначально в примере было 123 шт.) [6]:

$$n \geq \frac{m \cdot a_i + PW + PS}{2 \cdot PT_v \cdot \sin \alpha} - m \cdot g_0, \quad (1)$$

где  $m$  – масса палубного груза 1600 т;  $\mu_{\text{static}}$  – коэффициент статического трения между лесным палубным грузом и палубой или крышкой трюма, равный 0,45;  $PW$  – ветровое давление, кН, из расчета 1 кН на 1 м<sup>2</sup> площади подверженной воздействию – 190 кН;  $PS$  – давление от внезапного набрызгивания волн, кН, из расчета 1 кН на 1 м<sup>2</sup> площади, подверженной воздействию – 160 кН;  $PT_v$  – натяжение найтова в вертикальной части – 16 кН;  $\alpha$  – угол между горизонтальной плоскостью и найтовом в градусах – 80°;  $a_i$  – поперечное ускорение, исправленное на скорость, длину, ширину и высоту судна – 5,3 м/с<sup>2</sup>;  $g_0$  – ускорение свободного падения 9,81 м/с<sup>2</sup>;  $n_i$  – количество найтовов, рассчитанное при  $\mu_{\text{static}} = 0,45$  [1];  $n_2$  – количество найтовов, рассчитанное с коэффициентом статической устойчивости для второго яруса пакетированных пиломатериалов  $x = 16^\circ$  [1], ( $\text{tg} x$  вместо  $\mu_{\text{static}}$ , так как  $\mu_{\text{static}} = \text{tg}$  угла статического трения):

$$n_1 \geq \frac{1600 \cdot 5,3 + 192 + 160}{0,45} - 1600 \cdot 9,81 = 123 \text{ шт.};$$

$$n_2 \geq \frac{1600 \cdot 5,3 + 192 + 160}{0,28} - 1600 \cdot 9,81 = 434 \text{ шт.}$$

Разница, как видим, весьма значительна.

Далее рассчитаем крепление с учетом критерия несмещаемости и угла статической устойчивости штабеля по тем же исходным данным судна, в примере РД 31.11.21.01 – 97 [2] – для судна, использующего лесную марку с высотой каравана до 6 м, с удельным погрузочным объемом (УПО) груза более 2,0 м³/т. Возьмем то же количество груза на палубе, что и в первом расчете, равное 1600 т, уложенное в два яруса [1]. При этом

$$\lambda = \frac{\theta_s}{\theta_{din}} \geq 1, \quad (2)$$

где  $\lambda$  – критерий несмещаемости;  $\theta_{din}$  – угол динамического крена при бортовой качке судна без хода лагом к резонансному волнению,  $\theta_{din} = f(h_o, \text{района плавания})$ ;  $\theta_s$  – угол динамической устойчивости груза от  $x = 16^\circ$  (угол статической устойчивости), так как палубный груз погружен в два яруса,  $\theta_s = f(x, T, \text{район плавания})$  [2].

Для судна типа «Мирный» с неограниченным районом плавания  $\theta_{din} = 30,75^\circ$ ;  $\theta_s = 15,5^\circ$ . Тогда

$$\lambda = \frac{15,5^\circ}{30,75^\circ} = 0,5 < 1.$$

Поскольку критерий несмещаемости меньше единицы, крепление необходимо. Теперь определяем прочность необходимого крепления:

$$P = n \cdot p \cdot (\operatorname{tg} \theta_{din} - \operatorname{tg} \theta_s), \quad (3)$$

где  $n$  – количество пакетов, которые необходимо закрепить (в два яруса по десять пакетов на крышках трюма, которые крепятся двумя поперечными найтовыми);  $p$  – средняя масса одного пакета, т.

При  $n \cdot p = 1600$  т получаем  $P = 1600 \times (0,595 - 0,277) = 509$  т.

Таким образом, прочность необходимого крепления равна 509 т на каждую сторону.

Рассчитываем количество найтовов на каждую сторону с разрывным усилием  $P_{\text{разр}} = 13,6$  тс:

$$n_{\text{найтов}} = P / P_{\text{раз}} = 509 / 13,6 = 38 \text{ шт.} \quad (4)$$

Как видно, количество крепежа, рассчитанного разными способами, значительно различается:

- по расчету в соответствии с международными требованиями (с учетом угла статической устойчивости для второго яруса в  $16^\circ$ ) – 434 найтова, а в соответствии с международным кодексом с учетом статического коэффициента трения для первого яруса  $\mu_{\text{стат}} = 0,45$  с количеством найтовов – 123 шт.;
- расчет по российским требованиям

при таком же количества груза – 38 найтовов. Разница колоссальная.

Отметим ряд преимуществ международных требований.

1. Минимальное количество найтовов, используемое для крепления с расстоянием между ними в 1,5 м, начинается при высоте каравана от 2,5 м.

2. При расчете количества креплений совместно учитывается поперечное ускорение и ветроволновой режим, действующий на груз.

3. Поперечное ускорение и ветроволновой режим, действующий на груз, учитывается независимо от УПО, высоты палубного груза или использования лесной марки.

4. В расчетах учитывается угол направления найтовов относительно палубного груза.

Недостатки международных требований:

1. При расчетах используется коэффициент трения *только* между первым ярусом пакетов и крышкой трюма (или палубы).

2. Не принимается во внимание то, что пакеты могут не только соскальзывать, но и опрокидываться (даже при меньшем угле, чем при соскальзывании, особенно на верхних ярусах).

Российские требования имеют ряд преимуществ по сравнению с международными:

1. В качестве измерителя способности штабеля лесного груза противостоять смещению применяется *угол статической устойчивости* (учитывается соскальзывание, опрокидывание или потеря устойчивости структуры штабеля в любой его форме).

2. Значения угла статической устойчивости учитывается для *каждого яруса* груза.

3. Используется при расчетах крепления угол динамической устойчивости лесного груза.

4. Для определения угла динамической устойчивости учитывается район плавания.

Недостатки российских требований:

1. Минимальное количество найтовов, используемое для крепления с расстоянием между ними в 1,5 м, начинается при высоте каравана *от 6 м* (в международных требованиях от – 2,5 м).

2. В расчетах крепления не учитываются поперечное ускорение и ветроволновой режим, действующий на груз (учитывается только для судов, не имеющих лесной марки, при высоте каравана более 6 м или при УПО груза менее 2,0 м³/т. В этих случаях совместного учета этих параметров нет).

3. Угол статической устойчивости указывается только для *первых трех ярусов*.

4. Прочность необходимого крепления определяется нагрузкой, возникаю-

щей от превышения угла динамического крена над углом динамической устойчивости груза.

5. Угол динамического крена при бортовой качке судна учитывается без хода лагом к резонансному волнению.

Анализ известных случаев аварий российских и иностранных судов, задействованных в перевозке пакетированных пиломатериалов на палубе, за два последних десятилетия [8] показывает, что их число у тех и других судов примерно равно (8 случаев с российскими судами из 21). Некоторые суда носили иностранный флаг, а принадлежали российским компаниям и были классифицированы Российским регистром (это суда, которые ранее принадлежали различным советским пароходствам, а позднее были проданы в частные компании), то ситуация выглядит совсем по-иному – 17 случаев из 21. Одна из причин этого – недостатки в креплении палубного каравана в условиях штормовой погоды.

## ВЫВОДЫ

1. Отличия международных и российских требований по креплению лесного палубного груза говорят о необходимости проведения исследований и совершенствования технологий укладки и способов крепления палубного груза.

2. Большие расхождения в расчетах количества крепежа по международным и российским правилам свидетельствуют о необходимости пересмотра способов расчетов.

3. Судя по статистике аварийности судов российских и иностранных компаний (в российских компаниях случаев гораздо больше), перевозивших пиломатериалы на палубе, российские требования необходимо совершенствовать.

## ЛИТЕРАТУРА

1. РД 31.11.21.16 – 2003. Правила безопасности морской перевозки грузов, (с изменениями на 6 июля 2012 г.). – СПб., ЦНИИМФ, 2003.
2. РД 31.11.21.01 – 97. Правила безопасности морской перевозки лесных грузов. – СПб., ЦНИИМФ, 1997.
3. Правила классификации и постройки морских судов. – Ч. IV. Остойчивость. – СПб., Российский морской регистр судоходства, 2019.
4. International Convention of Load Line. – 4th edit. – IMO, 1966.
5. CSS CODE. Code of safe practice for cargo stowage and securing. – International Maritime Organisation, 2011.
6. Code of Safe Practice for ships carrying timber deck cargoes 2011. Resol. A.1048(27) adopted on 30 November 2011 (Agenda item 9). – International Maritime Organisation, 2011.
7. International Convention for the Safety of Life at Sea. – IMO, 1974.
8. Пелехов Г.А. Анализ расследования аварийных случаев при перевозках лесных грузов морским транспортом // Тр. 20-го Международного науч.-промыш. форума «Великие реки–2018». – Изд. ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2018. – Вып. 7. – Режим доступа: <http://vf-река-море.pdf> ■



**В** начале 1930-х гг. в СССР приступили к осуществлению сквозного судоходства (с запада на восток и обратно) по трассе, проходившей по морям Северного Ледовитого океана, позднее названной Северным морским путем (СМП).

Для этого в водах Арктики требовалось организовать постоянное базирование судов ледового плавания и мощных ледоколов, ремонт которых, особенно последних, можно было вести только на заводах Ленинграда или за рубежом [1].

В этой связи образованному еще в декабре 1932 г. Управлению Главсевморпути (ГУСМП) поручили построить в Мурманске судоремонтный завод для выполнения любого вида ремонта всех упомянутых выше судов. Строительство завода началось в 1935 г., а сам завод должен был вступить в строй в 1942 г. Несмотря на то, что цеха вводились в действие начиная с четвертого квартала 1938 г., ни один из объектов к моменту приемки не имел 100%-ной готовности. Ряд строительных недоделок не был устранен до 1942 г. Остальные цеха – корпусно-котельный, деревообделочный, электрорадиоцех и другие – разместили временно в зданиях, совершенно не приспособленных для работы в них.

Строительство других цехов – слипа с лебедочной, цеха доковых команд, турбодизельного и инструментального, электроремонтного, сборочно-установочного, склада демонтированного оборудования, энергетического, контрогентского, деревообделочного комбината – не было начато, а строительство судокорпусного комбината, ТЭЦ, районной понизительной подстанции, столовой было прекращено в связи с войной. Особо стоял вопрос пароснабжения завода как для целей технологических, так и для отопления. Пар вырабатывался временной котельной, расположенной в здании склада моделей и паровозами [2].

## РАЦИОНАЛИЗАТОРСКАЯ РАБОТА НА МУРМАНСКОМ СУДОРЕМОНТНОМ ЗАВОДЕ В ГОДЫ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ (1942-1945)

**Б.А. Барбанель**, канд. техн. наук, академик РАЕН, вице-президент РосНТО им. акад. А.Н. Крылова,

**В.Н. Половинкин**, д-р техн. наук, проф., заслуженный деятель науки РФ, науч. руководитель ФГУП «Крыловский государственный научный центр»,

**С.В. Федулов**, д-р истор. наук, доцент,

**Н.Н. Мизиркина**, преподаватель,

Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского,

контакт. тел. (812) 315 5027

Ситуация еще более осложнилась тем, что предприятию пришлось работать в условиях прифронтового города. Постоянные бомбежки вражеской авиации приводили к человеческим жертвам и наносили колоссальный ущерб. При этом необходимо было не только ремонтировать корабли, но и выполнять важные оборонные заказы.

В таких условиях важная роль в деятельности Мурманского судоремонтного завода отводилась рационализаторской и изобретательской работе. Начиная с 1942 г. работы пришлось вести в условиях войны. Это наложило отпечаток на всю производственную деятельность предприятия со всеми экономическими и сырьевыми затруднениями. На их преодоление и была направлена изобретательская и рационализаторская работа, тематика которой отвечала насущным нуждам завода и оказывала влияние на решение задач, стоящих перед предприятием.

В ноябре 1942 г. большая часть документов по изобретательству и рационализации была утрачена в связи с пожаром, вызванным воздушным налетом противника 31 октября 1942 г., в силу

чего рационализаторы и изобретатели были заняты их восстановлением [3].

Об экономическом эффекте изобретательской и рационализаторской работы в 1942 г. говорят данные табл. 1 и табл. 2.

Приведем наиболее яркие примеры творчества рационализаторов.

Предложение старшего технолога цеха № 1, впоследствии начальника цеха № 18, Черноризкого, носящее организационно-технический характер, позволило руководству завода организовать строжайший контроль и учет образовавшихся в процессе производства отходов, а также запуск последних вторично в производство. Это предложение по одному лишь цеху № 1 дало экономии свыше 10 000 руб.

Предложение начальника лаборатории завода Орлова «Состав для воронения из имеющихся на заводе реактивов» позволило предприятию самостоятельно в короткий срок выполнить оборонный заказ, связанный с воронением и обойтись при этом имеющимися в наличии материалами.

Рецепт мастики для наклейки пробки и линолеума, предложенный масте-



*Строительная площадка Мурманского судоремонтного завода, 18 июля 1942 г.*

Таблица 1

**Изобретательская и рационализаторская работа на Мурманском судоремонтном заводе в 1942 г. [4]**

| Месяц    | Движение предложений |          |              |           |
|----------|----------------------|----------|--------------|-----------|
|          | Поступило            | Внедрено | Не оформлено | Отклонено |
| Январь   | 13                   | 9        | 3            | 1         |
| Февраль  | 14                   | 4        | 8            | 2         |
| Март     | 14                   | 6        | 7            | 1         |
| Апрель   | 3                    | 3        | -            | -         |
| Май      | 3                    | 1        | 2            | -         |
| Июнь     | 5                    | 3        | 1            | 1         |
| Июль     | 7                    | 6        | 1            | -         |
| Август   | 9                    | 7        | -            | 2         |
| Сентябрь | 13                   | 13       | -            | -         |
| Октябрь  | 38                   | 32       | 2            | 4         |
| Ноябрь   | 3                    | 3        | -            | -         |
| Декабрь  | 37                   | 32       | 1            | 4         |
| Всего    | 159                  | 119      | 25           | 15        |

Таблица 2

**Экономический эффект от изобретательской и рационализаторской работы за 1942 г. [5]**

| Месяц           | Общая сумма полученного экономического эффекта, руб. |
|-----------------|------------------------------------------------------|
| За I полугодие  | 15 503                                               |
| Июль            | 9386                                                 |
| Август          | 12 207                                               |
| Сентябрь        | 64 405                                               |
| Октябрь         | 40 000                                               |
| Ноябрь          | 31 760                                               |
| Декабрь         | 58 240                                               |
| За II полугодие | 215 998                                              |
| Итого за год:   | 231 501                                              |

ром цеха № 3 Григорьевым, позволил сэкономить на заказе 1942 г. 6120 кг олифы, 2160 кг белил, 4120 кг лака, всего на сумму свыше 38800 руб.

Предложение коллектива рационализаторов цеха № 7 «О применении местных песков как заменителя привозных формовочных земель» и разработанная

ими рецептура их приготовления освободила завод от завоза 600 т формовочных песков, что позволило сэкономить 76800 руб. только за 1942 г.

Ряд оригинальных приспособлений технологии обработки некоторых деталей разработал старший технолог цеха № 1 Н. Т. Майдыч, среди них – приспособ-

ление для расточки клепанных гнезд клапанов на месте, экономический эффект которого определен в 10000 руб., а также изменение технологии расточки тумб перископов на одном из заказов, которое позволило сэкономить 600 кг кованой стали марки «пять» и 2937 руб.

Рационализаторы Лактионов, Зверев, Кулиш предложили использовать местное топливо на целом ряде промышленных агрегатов, в вагранках при цветном литье, в сушильных печах, что позволило заменить свыше 60 т кокса и 230 т угля в год.

Решение изобретательских и рационализаторских задач взяла на себя лишь высококвалифицированная часть работников завода, а именно, инженерно-технические работники и рабочие, имеющие большой производственный стаж. Так, из 57 рационализаторов 49 человек (86%) – инженерно-технические работники, 8 человек (14%) – рабочие и служащие [6].

Основные направления деятельности рационализаторов Мурманского судоремонтного завода в 1943 г. сводились к следующему:

- в судоремонте – усовершенствование технологии, конструктивных элементов, инструмента и приспособлений, замена дефицитных и недостающих материалов и полуфабрикатов;
- усовершенствование оборудования – его оснащенность, увеличение диапазона производственных возможностей, повышение производительности, износоустойчивости отдельных узлов, конструктивных элементов;
- борьба за снижение себестоимости, качество ремонта и продукции, освоение выпуска новой продукции, замена остродефицитных материалов,



Мурманск, 18 июля 1942 г.



экономию материальных ценностей, топлива, энергии [7].

Важной вехой на предприятии стал впервые в истории завода созданный 5 мая 1943 г. Слет рационализаторов, который взял на себя следующие обязательства: подать не менее 150 рационализаторских предложений; сэкономить не менее 200000 руб.; разработать проект включения электробойлера в теплоцентраль завода с перереконструкцией ее на воду; разработать технологию и рецептуру применения клеемассы и битума для приготовления стержневых и формовочных составов (как основное связующее); разработать схему и конструкцию электросигнализатора давления воды (манометрические показания) между насосной водохранилища и котельной плато (по телефонным проводам); предложить технологию и приспособления для механического восстановления насечки на сработанных напильников; дать не менее пяти технических усовершенствований всефлотского значения [8].

С включением Мурманского судоремонтного завода в структуру НК ВМФ изобретательская и рационализаторская работа на предприятии проходила в рамках общефлотской системы организации этой работы [9].

Всего за 1943 г. поступило 184 рационализаторских предложения, из них принято к внедрению 132, внедрено 100, отклонено 46, в разработке и изготовлении было 32, не рассмотрено 6.

Экономический эффект от внедрения рационализаторских предложений составил: по предложениям, принятым к внедрению, – 392 900 руб., по внедренным предложениям – 239 400 руб., к дополнению в 1944 г. – 153 500 руб. Кроме того, с помощью рационализаторов высвобождено для других работ 1350 станко-ч и 14 500 чел.-ч.

Всего в рационализаторской работе приняло участие 76 человек, из них 48 инженерно-технических работников (62,2%), 27 рабочих (35,6%), 1 служащий (2,2%). Среди инженерно-технических работников было 14 начальников и заместителей начальников цехов (29,2%), 8 начальников участков (16,7%), 13 мастеров (27,1%), 3 прораба и строителей (6,2%), 4 технолога (8,3%), 2 конструктора (4,2%), 4 механика (8,3%). В числе инженерно-технических работников были военнослужащие – 5 человек (10,3%).

Среди рабочих рационализаторов были: токари, фрезеровщики, строгальщики, слесари, трубопроводчики, кузнецы, литейщики. В основном рационализаторской работой занимались высококвалифицированные рабочие 5-го – 7-го разрядов [10].

К наиболее характерным рационализаторским предложениям следует отнести:

- предложения Гуляева – «Электрокарандаш для писания по металлу», «Приспособление для пайки роторов электромоторов на месте», «Дополнение к магнитным пускателям для предотвращения работы электромоторов на 2-х фазах», «Медные контакты для ПМ-О взамен серебряных», «Дополнительная обмотка на сварочный трансформатор для его использования как электронагреватель заклепок», «Стыковой и контактно-сварочный агрегат для сварки инструментов и напайки резцов»;
- предложение начальника цеха № 2 инженер-капитана 3 ранга Смирнова, заместителя начальника цеха № 2 Лютюева, технолога цеха № 2 краснофлотца Дрожжина по конструктивным изменениям и технологии ремонта различных узлов корпусов кораблей эсминцев «Разумный», «Громкий», «Гремящий», лидера эсминцев «Баку»;
- предложения старшего технолога цеха № 1 Майдыча по методам восстановления быстроизнашивающихся деталей различных судовых механизмов, приспособление для проточки и нанесения уплотнительных рисок на фланцах трубопроводов на месте;
- предложения Куприянова по усовершенствованию станочного оборудования и ряд других.

В 1943 г. на заводе было премировано 36 изобретателей на общую сумму в 11 836 руб., ряду специалистов были объявлены в приказах благодарности за рационализаторскую работу [11].

Активная изобретательская и рационализаторская работа дала мощный импульс для совершенствования судоремонта в сложных обстоятельствах. Рабочий корпусного цеха Б. В. Рахмалев вспоминал: «Один из транспортов союзников повредил лопасти винта. Нужно было снимать винт, но доки были заняты. Решили отремонтировать судно на плаву. Создали дифферент на нос, изготовили леса и приступили к работе. В один из напряженных моментов была дана команда повернуть винт вручную, но союзники не поняли нас и повернули винт механически. Леса были разрушены, ремонтная бригада очутилась в ледяной воде. Одному рабочему повредило ступню правой ноги» [12].

В 1945 г. на Мурманском судоремонтном заводе были внедрены новые виды технологических процессов:

- перебивка ложей сальников уплотнения главных турбин объекта «С-301»;
- расточка посадочных отверстий винтов больших размеров и строжка шпоночных пазов в винтах;
- центровка турбозубчатых агрега-

тов с применением монтажных подшипников. Ремонт по данному технологическому процессу проводился на следующих кораблях: эсминцы «Грозный», «Жгучий», «Разъяренный», «Куйбышев», «Гремящий», лидер эсминцев «Баку», буксир № 33; проточка галтелей упорного гребня коленчатых валов двигателя внутреннего сгорания;

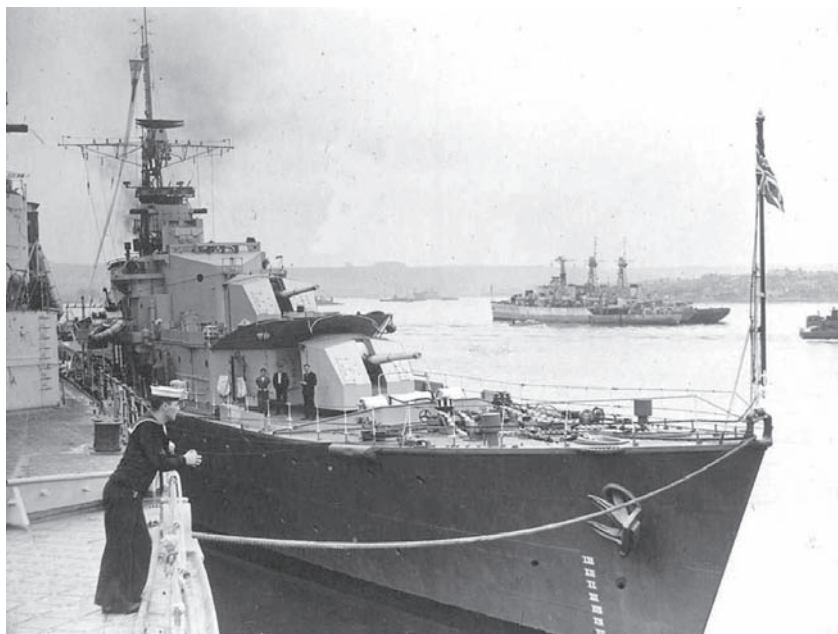
- центровка главного валопровода с эксцентричной расточкой втулок и втулок кронштейнов;
- реставрация гребных винтов;
- ремонт воздухоудвки двигателя 9 ДКР с восстановлением деталей на подводной лодке «К-21»;
- правка гребных валов эсминцев на станке с установкой плиты;
- ремонт английского эсминца «Кассандра» [13]. На ремонте данного корабля стоит остановиться более подробно.

Эсминец английского флота «Кассандра» водоизмещением 2400 т при длине 111 м окончен постройкой в 1944 г. и летом того же года после государственных сдаточных испытаний в Глазго вступил в состав действующего флота. После благополучного рейса в Мурманск вместе с двумя фрегатами возвращался в Англию. В середине декабря 1944 г. на расстоянии 350 миль от берега ночью корабль поучил попадание торпедой в носовую часть корпуса, примерно в 20 м от форштевня. Взрывом было оторвано 26 м носовой оконечности корабля, и она моментально затонула вместе с личным составом (матросами), находящимся в кубриках.

Поперечная переборка на 35-м шпангоуте, отделявшая кубрик от офицерских кают, незначительно деформировалась, но водонепроницаемость не потеряла. Действие взрыва на весь корпус корабля привело к явлению, как на танкере «Бритиш Говелер» (который ранее ремонтировался на заводе): на палубе, на расстоянии около 1/3 длины корабля от кормового среза, в районе торпедных аппаратов, в листах настила появились гофры и трещины.

Сразу же после торпедной атаки личный состав бросился к уцелевшей 35-й переборке, и началась работа по расклинке ее деревянными брусками. Делалось это столь усердно, что переборка в некоторых местах подалась наружу и начала пропускать воду. Были вызваны на помощь спасательные буксиры, и эсминец в охранении двух фрегатов задним ходом направился в Мурманск. Через четверо суток тяжелого похода, двигаясь в среднем 4-узловым ходом, он пришел к заводу и пришвартовался у стенки.

Заводу было поручено изготовить нос эсминца для того, чтобы корабль



*Английский эсминец «Кассандра»*

своим ходом в составе каравана со скоростью 11–12 уз мог дойти до своей базы в Англии, где сразу же после получения сведений о размерах повреждения приступили к изготовлению оторванной носовой оконечности.

На Мурманском судоремонтном заводе временная носовая накладка была запроектирована общей длиной 12 м, что диктовалось наличием достаточно плавных ватерлиний со средним углом притыкания, не превышающим 30°. В целях упрочнения и ускорения изготовления этой наделки шпангоутам была придана ломаная форма с постепенным переходом к плавным очертаниям на месте притыкания к корпусу корабля. Прочность обеспечивалась соответствующими толщинами обшивки, профилем шпангоутов, стрингерами и раскосами, поставленными внутри корпуса. На верхней палубе (палуба полубака) к разрушенной части надстройки с целью устранения действия встречной волны был приделан волнорыз, ставшей как бы продолжением надстройки. Якорное устройство, согласно требованиям английского командования, было спроектировано из расчета отдачи якоря только один раз, и все якорное оборудование было размещено на верхней палубе.

После разбивки нового носа корабля на плазе в цехе началась его сборка. Для удобства перевозки нос был разделен на восемь секций, для чего поперечный набор резался на стрингерах и соединялся затем с помощью стальных книц. Такой метод, во-первых, сократил до минимума срок стоянки корабля в

доке. Во-вторых, значительно облегчил условия работы сборщиков и сварщиков, работавших в закрытом помещении. В-третьих, в значительной мере уменьшил количество внутризаводских перевозок. Все это привело к ускорению и удешевлению общего объема работ. В районе гофр и трещин кормовой части верхней палубы были приварены дублирующие листы.

По окончании ремонтных работ эсминец вышел на ходовые испытания и показал весьма неплохие результаты. Так, при скорости 20 уз, если считать по развитой мощности турбин, он потерял 1,5 уз, а при 15-узловой скорости, потеря составила 0,3 уз. Таким образом, при скорости 15 уз увеличение остаточного сопротивления почти полностью компенсировалось уменьшением сопротивления трения. Никаких явлений вибрации или ухудшения других мореходных качеств на данных скоростях обнаружено не было. Диаметр циркуляции при скорости 18 уз составил, судя по следу от винтов, 2–2,5 длины корабля. Корабль благополучно дошел без всяких повреждений до берегов Англии [14].

За военные годы рационализаторами Мурманского судоремонтного завода было подано 850 предложений [15].

Труженики предприятия делали все возможное и сверх того для Великой Победы. Их труд был достойно оценен. В мае и июне 1942 г. заводу дважды присуждалось Знамя Военного Совета Северного флота за успешную работу по судоремонту кораблей. За досрочное вы-

полнение плана судоремонта в 1942 г., по решению Совета Народных Комиссаров СССР завод получил премию в размере 200 000 руб., 20 заводчан были награждены орденами и медалями [16]. С 1943 по 1945 г. было награждено орденами и медалями СССР 24 человека, в том числе орденом «Отечественная война» I степени один человек; орденом «Отечественная война» II степени три человека; орденом «Красная Звезда» 29 человек; медалью «За боевые заслуги» 37 человек; медалью «За оборону советского Заполярья» 1025 человек; нагрудным знаком «Отличник ВМФ» 48 человек; Почетной грамотой НКВМФ 37 человек; премированы ценными подарками и денежными суммами более 500 человек; занесено на Доску почета 49 человек; занесено в Книгу почета 33 человека; объявлены благодарности 208 человеку [17]. При этом следует отметить, что на протяжении всей войны работники завода все полученные премии, выплаченные как за внедрение рационализаторских предложений, так и за самоотверженный труд, перечисляли в фонд обороны.

## ЛИТЕРАТУРА

1. История отечественного военного судоремонта. – Кн. 3-я. «Заводы. Люди. Корабли» / Под общей ред. Г. Н. Муру. – СПб.: Гангут, 2011, с. 394.
2. Филиал ЦА МО РФ (архив ВМФ, г. Гатчина). Ф. 4534. Оп. 31039. Д. 1. Л. 5.
3. Там же. Ф. 4534. Оп. 31039. Д. 1. ЛЛ. 62, 64.
4. Там же. ЛЛ. 64.
5. Там же. ЛЛ. 65.
6. Там же. ЛЛ. 68.
7. Там же. ЛЛ. 170.
8. Там же. ЛЛ. 171.
9. Федюлов С. В., Половинкин В. Н., Барбанель Б. А., Соловьев Д. Н. Изобретательская работа на флоте в годы Великой Отечественной войны. – СПб.: ЛЭТИ, 2020. – 267 с.
10. Филиал ЦА МО РФ (архив ВМФ, г. Гатчина). Ф. 4534. Оп. 31039. Д. 1. Л. 172.
11. Там же. Л. 173.
12. История отечественного военного судоремонта. – Кн. 3-я. «Заводы. Люди. Корабли» / Под общей редакцией Г. Н. Муру. – СПб.: Гангут, 2011, с. 403.
13. Филиал ЦА МО РФ (архив ВМФ, г. Гатчина). Л. 125–128.
14. Там же. Ф. 4534. Оп. 31039. Д. 1. Л. 129–129об.
15. История отечественного военного судоремонта. – Кн. 3-я. «Заводы. Люди. Корабли» / Под общей редакцией Г. Н. Муру. – СПб.: Гангут, 2011, с. 405.
16. Филиал ЦА МО РФ (архив ВМФ, г. Гатчина). Ф. 4534. Оп. 31039. Д. 1. Л. 13.
17. Там же. ЛЛ. 4, 5, 111. ■



Семьдесят лет тому назад, 14 февраля 1950 г., между Китайской Народной Республикой и Советским Союзом был подписан «Договор о дружбе, союзе и взаимной помощи».

В ноябре 1951 г. направленного китайским руководством для консультаций в Москву командующего Военно-морскими силами Народно-освободительной армии Китая (ВМС НОАК) Сяо Цзингуана принял военно-морской министр СССР вице-адмирал Н.Г. Кузнецов. Весной 1952 г. для переговоров о закупке военно-морской техники прибыла уже официальная делегация.

В ходе переговоров рассматривались возможность и условия передачи КНР надводных кораблей и подводных лодок, береговых артиллерийских установок, торпед, мин и другого вооружения и техники. Исключив по указанию Председателя Совета Министров СССР И. Сталина из рассмотрения боевые корабли, которых в то время было недостаточно ВМФ, за остальное вооружение советская сторона запросила, по мнению китайских товарищей, сумму по ценам выше мировых, что вызвало неудовольствие китайского руководства.

Тем не менее Мао Цзэдун дважды разговаривал по телефону со Сталиным и просил о продаже кораблей. Зная корабельный состав разделенного на два (5-й и 7-й) Тихоокеанского флота и скромные возможности промышленности на Дальнем Востоке, Сталин не соглашался продавать эсминцы, но предлагал помочь в восстановительном ремонте крейсера «Чуньцин»\*. Еще дважды, в сентябре 1952 и в январе 1953 гг., с задачей подготовки соглашения о поставках в Москве побывал заместитель командующего ВМС НОАК.

Контракт на покупку четырех модернизированных эсминцев пр.7 заместитель председателя госплана КНР и министр тяжелой промышленности Ли Фучунь подписал 4 июня 1953 г., как указывают китайские источники, «по цене 17 тонн золота»\*\*. Однако утверждать, что Советский Союз «втридорога продал Китаю устаревшие корабли», нет оснований.

Год спустя, 4 июля 1954 г., было подписано межправительственное «Соглашение о поставках ВМФ и технической помощи Китаю в строительстве военных кораблей», в трех приложениях к которому конкретизировались номенклатура, количество и условия поставок. В приложении №1 к указанному

\* Бывший английский «Аугога» (постройки 1937 г.), в марте 1948 г. переданный ВМС Гоминьдана и в феврале 1949 г. перешедший на сторону КНР. Проект капитально-восстановительного ремонта крейсера в течение 1953 г. разрабатывало ЦКБ-17 (ныне – ПАО «Невское ПКБ»).

\*\* 75,65 млн. руб. по курсу 1950 г.

## СТАНОВЛЕНИЕ ВОЕННОГО КОРАБЛЕСТРОЕНИЯ В КИТАЙСКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКЕ

**О.В. Третьяков**, капитан 1 ранга, начальник,  
**Д.Ю. Литинский**, науч. сотрудник,  
НИИ кораблестроения и вооружения ВМФ  
ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия им. Н.Г. Кузнецова»,  
контакт. тел. (812) 405 0701

соглашению говорилось, что советское правительство передает КНР из состава ВМФ СССР 32 боевых корабля: четыре прошедших капитальный ремонт и модернизацию эсминца пр. 7, две средние и четыре малые подводные лодки и двадцать два торпедных катера пр.123К. Кроме того, передавались 148 самолетов и более 60 ед. аэродромной техники, 150 артиллерийских орудий, торпед, мин, глубинных бомб и артснарядов и т.д. В приложениях №2 и №3 говорилось о поставках 49 комплектов «полуфабрикатов и материалов» для сборки на китайских верфях боевых кораблей и катеров общим водоизмещением 13,5 тыс. т и о безвозмездном предоставлении прав на постройку военных кораблей и производство мин заграждения, а также технической документации.

Соглашением предусматривалось, что лишь одна треть стоимости поставок будет оплачена, а две трети – погашены за счет предоставленных СССР кредитов (610 млн руб. при годовой процентной ставке 2%).

В начале октября 1954 г. вышло постановление Совета Министров СССР, обязывающее союзное Министерство судостроительной промышленности оказать КНР всестороннюю техническую помощь по судостроению [1].

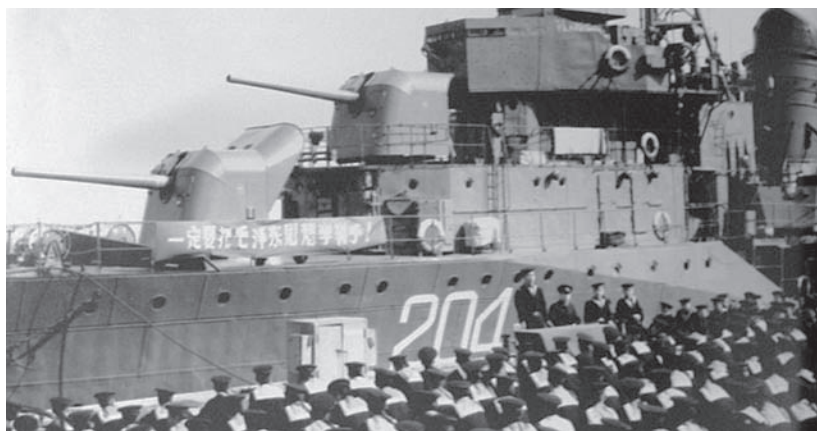
Объем советской технической помощи Китаю по военному кораблестроению по линии министерства обороны СССР (ВМФ) и судостроительной про-

мышленности в соответствии с соглашением от 4 июля 1954 г. был вполне достаточен для развертывания серийного строительства надводных боевых кораблей до сторожевого корабля включительно, скоростных боевых катеров, тральщиков и дизель-электрических подводных лодок.

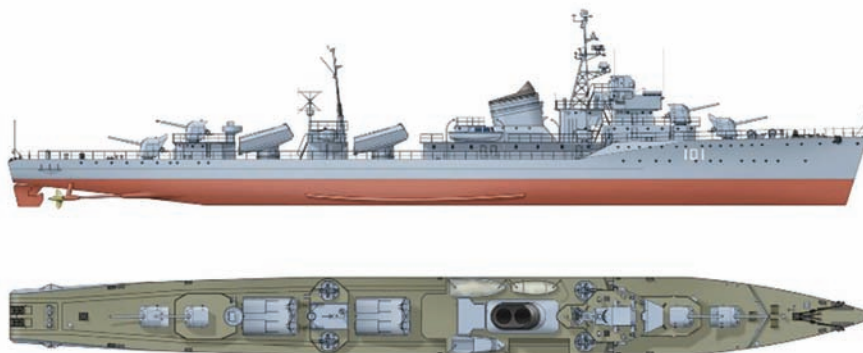
Идя навстречу настойчивым просьбам, советская сторона «делилась» даже еще незавершенными разработками. К ним относился самолет-снаряд (противокорабельная ракета) с жидкостным ракетным двигателем и радиолокационной системой наведения, создававшаяся авиационным конструкторским бюро (А.Я. Березняк в ОКБ-155 А.И. Микояна) для ранее не существовавшего вида морского оружия – ракетных катеров.

После нескольких раундов напряженных переговоров в Москве весной-летом 1958 г. от советской стороны было получено обещание передать ВМС НОАК ракетные катера и дизель-электрические ракетные подводные лодки с надводным стартом баллистических ракет, что, по мнению советской стороны, должно было представлять достаточную для сдерживания возможной агрессии угрозу 7-му американскому флоту.

Первым среди союзников СССР Китай получал систему морского оружия, которую в то время мы не имели сами. Передача КНР технической документации системы реактивного вооружения «Дракон» (самолет-снаряд П-15) осу-



Передача ВМС НОАК эскадренного миноносца «Ретивый». ВМБ Циндао, 28 июня 1955 г.



**Эскадренный миноносец «Anshan» (бывший «Рекордный») после перевооружения крылатыми ракетами SY-1**

пешествлялась во исполнение Постановления Совета Министров СССР №69-21 от 9 января 1959 г.

До полного прекращения военнотехнического сотрудничества по решению Н.С. Хрущева и отзыва советских технических специалистов (август 1960 г.) в КНР уже строились ракетные катера пр. 183Р, как образец для серийной постройки прибыл из СССР катер пр. 205.

В то время главным для руководства КНР и командования НОАК было в случае опасности защитить свое побережье от огня вражеских линкоров и крейсеров, для чего ПКР подходили как нельзя лучше. Последовало решение о постановке на производство и вооружение ими катеров пр. 6621 (советский пр. 205) и запланированных к постройке крупных надводных кораблей.

Следует подчеркнуть, что это делалось на вполне законных основаниях – в соответствии с закрытым межправительственным соглашением от 4 февраля 1959 г., по которому КНР передавались натурные образцы с вооружением и документация [2]. Согласно китайским публикациям, это были, в частности, четыре баллистические ракеты подводных лодок Р-11ФМ, две ПКР П-15, а также образцы энергетических установок, радиолокационное и гидроакустическое вооружение кораблей (всего 51 наименование).

По договору от 15 октября 1957 г. СССР передавал КНР два дивизиона береговых мобильных ракетных комплексов «Сопка» с ракетами С-2 «Стрела», имевшими дальность стрельбы 95 км. Железнодорожный эшелон с первым дивизионом прибыл в пункт назначения 31 декабря 1958 г. [3]

По опыту эксплуатации комплекса «Сопка» китайские специалисты вскоре пришли к выводу, что воспроизвести его технически невозможно, да и нецелесообразно. А вот производство опытной серии ПКР на основе П-15 к октябрю 1963 г. с большими трудностями удалось организовать на государственном

авиазаводе №320 в Наньчане (бывший авиазавод Mitsubishi).

В августе 1967 г. под обозначением SY-1/НУ-1 двухтонную ракету с жидкостным ракетным двигателем и 510-килограммовой боевой частью с дальностью полета около 40 км приняли на вооружение ВМС НОАК. Этими ракетами вооружались катера пр. 6610 и пр. 6623 и береговые ракетно-артиллерийские части.



**Противокорабельная крылатая ракет НУ-1**

Поскольку в номенклатуру передаваемых КНР по линии сухопутных войск и ВВС образцов входили новейшие системы ракетного оружия, китайские военноморские специалисты получили общее представление о направлениях его развития и проявили заинтересованность в перспективном противокорабельном ракетном вооружении. Следует добавить, что в 1950-е гг. в СССР обучалось большое количество гражданских и военных китайцев. С 1954 г. в Военно-морской академии им. К.Е. Ворошилова проходил курс обучения флотский политработник Лю Хуацин, которому через два года предстояло возглавить НИИ военного кораблестроения в Пекине.

В результате ВМС НОАК вскоре получили на вооружение собственное противокорабельное управляемое ракетное оружие, впоследствии созданное на основе советских образцов, и потенциально обладали возможностью уничтожения практически любого вторгающегося в территориальные воды КНР противника.

В 1954 г. с постройки боевых кораб-



**Контр-адмирал ВМС НОАК Лю Хуацин, 1955 г.**

лей и катеров по советским проектам с использованием поставок материалов, оборудования и вооружения в КНР началось военное кораблестроение. После прибытия нескольких групп советских корабельных инженеров, в том числе военных, началось создание системы проектирования боевых кораблей\*. Взаимодействие с проектно-конструкторскими организациями КНР было поручено ЦКБ-53 Минсудпрома СССР (ныне – АО «Северное ПКБ»). В течение 1959 г. ЦКБ-53 направило своих специалистов в организации министерства машиностроения КНР. [1]

Поскольку первые проектно-конструкторские организации появились в системе 1-го министерства машиностроения КНР, а ВМС в своей структуре еще не имели проектно-исследовательских подразделений, флот оказался зависимым. В феврале 1959 г. командование ВМС НОАК предложило военно-политическому руководству начать разработку проекта эсминца, что потребовало немедленного исправления ситуации.

Согласно китайским источникам (российские документы до настоящего времени открыто не публиковались), в 1957 г. советское правительство согласилось передать КНР техдокументацию эсминца пр. 56 вместе с натурными образцами оборудования, включая ГТЗА ТВ-8 и главный котел КВ-76. Располагая прототипом, к концу 1959 г. в министерстве машиностроения выполнили предэскизный пр. 017 – торпедно-артиллерийский корабль, основные ТТЭ которого повторяли советский пр. 56.

Командование ВМС НОАК включило проектирование эсминца во второй пятилетний план. При поддержке госплана КНР по линии министерства машиностроения из СССР в Харбин доставили один комплект ГТЗА и главный котел.

\* Первые самостоятельные попытки проектирования и строительства закончились неудачей – весной 1951 г. построенный на верфи Цзяннань патрульный катер во время испытаний потерял остойчивость и перевернулся.





**Ракетный эсминец пр. 051**

В феврале 1960 г. недавно созданный научно-исследовательский отдел ВМС выдал проектной организации промышленности тактико-техническое задание на разработку эскизного проекта эсминца, в котором впервые появляется ракетное вооружение. Приказом 1-го министерства машиностроения турбинному заводу в Ханчжоу (близ Харбина) поручалось вместе с создававшимся в Харбине НИИ корабельной энергетики спроектировать и изготовить с использованием советского прототипа и переведенной технической документации ГТЗА. В апреле 1960 г. в Пекине под руководством командующего ВМС прошло совещание, на котором решили продолжать разработку на основе советского пр. 56.

Однако вскоре Советский Союз в одностороннем порядке расторг договор о технической помощи по военному кораблестроению и отозвал своих специалистов. Китайские кораблестроители продолжили работу над ракетным эсминцем самостоятельно с использованием оставшейся у них части проектных материалов, приняв в итоге в качестве прототипа пр. 41, незаслуженно признанный у нас неудачным. [4]

обходимость создания системы научно-исследовательских учреждений в системе министерства обороны, в конце 1960 г. Центральный комитет компартии Китая принял решение о создании в системе НОАК «исследовательских академий» (НИИ) видов вооруженных сил. Центральный Военный Совет КНР 7 июля 1961 г. издал приказ об организации в Пекине НИИ военного кораблестроения, которому было присвоено наименование «7-й НИИ министерства обороны».

Дальнейшее проектирование первого китайского ракетного эсминца (пр. 051) и все последующее развитие этого подкласса боевых надводных кораблей ВМС НОАК связано с этой организацией, являющейся аналогом созданного 3 сентября 1932 г. отечественного НИИ военного кораблестроения (ныне НИИ кораблестроения и вооружения ВМФ ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия»).

Созданием 7-го НИИ министерства обороны КНР завершился этап становления китайского военного кораблестроения. На протяжении последующих двух десятилетий как в технике ВМС, так и в вооружении авиации и сухопут-

После введения международных санкций и эмбарго на поставки вооружений и военной техники в 1989 г. Китай оказался лишенным доступа к новым военным технологиям, и Советский Союз остался единственным крупным поставщиком вооружений. На возобновление масштабного военно-технического сотрудничества (ВТС) между РФ и КНР, кроме внешнеполитических соображений, в наибольшей степени повлияли два фактора: необходимость поддержания «на плаву» лишённого государственного финансирования российского военно-промышленного комплекса и война в Персидском заливе 1990–1991 гг., наглядно продемонстрировавшая обеим странам возросшую роль новых вооружений [5].

После создания в 1992 г. правовой основы для ВТС, которую закрепил подписанный в июле 2001 г. «Договор о добрососедстве, дружбе и сотрудничестве», стало возможным и возобновление сотрудничества в области военного кораблестроения. Успешно завершённые контракты на поставку эскадренных миноносцев пр. 956Э и пр. 956ЭМ оказались взаимовыгодными, послужив в том числе дальнейшему росту потенциала научно-исследовательских организаций ВМФ РФ и ВМС НОАК.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Зубов Б.Н.* Записки корабельного инженера. Развитие надводного кораблестроения в Советском Союзе. – М., 1998.
2. *Гончаров С.Н.* Заметки о военно-техническом сотрудничестве Китая с СССР и Россией во 2-й половине XX в. (с переводом избранных фрагментов из воспоминаний генерал-полковника Лю Хуацина). – М.: ФГБУ науки – Институт востоковедения РАН, 2013.
3. *Васильев Е.М.* Размышления о жизни и о службе в ВМФ. – В кн.: Простые истории их жизни флотских офицеров – инженеров оружия. – СПб., 2005, с. 272–273.
4. *Юхнин В.Е.* Корабль, опередивший свое время // Морской вестник. – 2016. – №4 (60). – С. 111–113.
5. *Федотов А.В., Кондратьев И.А.* Российско-китайское военно-техническое сотрудничество: история, значение, влияние на ситуацию в регионе и отношения с другими странами. – В сб. ст.: Военная наука в России и за рубежом. – М.: ФГАОУ высшего образования МГИМО (Университет) МИД РФ, 2018, с. 96–108. ■



**Головной корабль пр. 051 вскоре после вступления в строй**

Понимая недостаточность сил и отсутствие опыта у немногочисленных инженерно-технических кадров проектно-конструкторских организаций и не-

ных войск Китай достаточно эффективно использовал и полученный от Советского Союза научно-технический и материальный задел.

**28** ноября 2019 г. в АО «ЦТСС» состоялось совместное собрание Ассоциации судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области и Секции по судостроению Морского Совета при Правительстве Санкт-Петербурга.

Присутствовали директора и заместители директоров 32 предприятий–членов Ассоциации из 49, представитель Морского Совета В. А. Полубаркин, председатель территориальной организации профсоюзов С. П. Максименко, председатель Союза ветеранов судостроения города А. И. Загчаев, пресса и TV.

Председатель собрания – вице-президент Ассоциации Л. Г. Грабовец.

Руководитель проекта Группы ЕСН (Москва) Л. Д. Заикина презентовала работу «Система управления спросом на электроэнергию», цель которой – экономия электроэнергии на предприятиях.

О работе высших и средних учебных заведений Санкт-Петербурга для судостроительных предприятий города и отрасли рассказал профессор Санкт-Петербургского государственного морского технического университета В. Л. Александров.

Он осветил состояние подготовки инженерных кадров для судостроения и подтвердил актуальность моделей интегрированного центра опережающей профессиональной подготовки и специализированного центра компетенций, разработанных по заданию Комитета по науке и высшей школы Правительства Петербурга.

Заведующая учебной частью Петровского колледжа С. Р. Козырева подтвердила возможность при подготовке конкретных специалистов формирования образовательной программы с учетом требования работодателя.

Заместитель директора Колледжа судостроения и прикладных технологий С. В. Симаков обозначил такую общую проблему для обоих колледжей, как нехватка преподавателей и мастеров производственного обучения в области судостроения.

Далее президент Региональной общественной организации «Полярный конвой» Ю. Е. Александров проинформировал присутствующих о проекте «Бессмертный конвой 2020». Эта санкт-петербургская организация ведет в стране и за рубежом активную работу по увековечиванию памяти легендарных полярных конвоев в годы Великой Отечественной войны 1941–1945 гг., но намеченные мероприятия к 75-летию Дня Победы не имеют финансовой поддержки.

В заключение о состоянии дел с уплатой ежегодных членских взносов и о формировании плана работы Ассоци-

## 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*



*Слева направо: А.А. Юрчак, Л.Г. Грабовец, В.Л. Александров*

ации на 2020 г. сообщил А. А. Юрчак. По состоянию на 1 ноября 2019 г. задолженность по ежегодным членским взносам имеют 14 предприятий–членов Ассоциации.

### РЕШЕНИЯ СОБРАНИЯ

1. Доклад московской Группы ЕСН принять к сведению. Рекомендовать предприятиям–членам Ассоциации в случае заинтересованности энергетиков обращаться в исполнительную дирекцию для установления связи с разработчиками системы.

2. Доклады учебных заведений принять к сведению и просить руководителей предприятий–членов Ассоциации решить вопрос об оказании содействия созданию на предприятии интегрированных центров опережающей профессиональной подготовки и специализированных центров компетенций. Просить руководителей предприятий–членов Ассоциации рассмотреть вопрос стимулирования наставников по показанным результатам

Просить Комитет по науке и высшей школе Правительства Санкт-Петербурга с привлечением судостроительных предприятий и колледжей

рассмотреть вопрос дефицита преподавателей и мастеров производственного обучения.

3. Рекомендовать руководству РОО «Полярный конвой» подготовить в адрес Ассоциации обращение с конкретной сметой необходимых финансовых средств для реализации своих мероприятий к 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. Поручить исполнительной дирекции подготовить обращение к руководству Объединенной судостроительной корпорации об оказании финансовой помощи РОО «Полярный конвой» для реализации намеченных мероприятий.

4. Задолженность по ежегодным членским взносам рассматривать как недоработку исполнительной дирекции. МПО «Гидроприбор», ЦНИИ КМ «Прометей», «Крыловский ГНЦ», концерну «Океанприбор», Средне-Невскому судостроительному заводу, Пролетарскому заводу срочно ликвидировать задолженность по членским взносам за 2019 г.

Поручить исполнительной дирекции подготовить и срочно направить письма ведущим предприятиям–членам Ассоциации с просьбой дать предложения в проект плана работы на 2020 г. ■



**7** февраля 2020 г. в Тронном зале Екатерининского дворца Государственного музея-заповедника «Царское Село» в городе Пушкин в честь 110-й годовщины создания Санкт-Петербургского Морского Собрания (СПб МС) и 25-й годовщины со дня его возрождения состоялась 50-я ассамблея СПб МС. Особую торжественность этому событию придавали праздничная подсветка парадного фасада Екатерининского дворца со стороны Золотых ворот и огромная нарядно освещенная голубая ель. Играл духовой оркестр, звучали марши и вальсы. Прибывающих на ассамблею гостей встречали дежурные старшины СПб МС, затем гости по золотой анфиладе парадных помещений и через Янтарную комнату проходили далее к Большому Тронному залу. Перед входом в него гостей встречали Председатель СПб МС Н. В. Орлов и генеральный директор ГМЗ «Царское Село» почетный член СПб МС О. В. Таратынова. На ассамблее присутствовали представитель Главкомандования ВМФ России заместитель Главкома адмирал В. Л. Касанов, Почетный председатель СПб МС адмирал В. И. Королёв, почетные члены СПб МС.

После сбора всех приглашенных начался концерт солистов Мариинского театра в сопровождении Международного симфонического оркестра «Таврический» под управлением Михаила Голикова. В великолепном исполнении солистов Мариинского театра прозвучали арии из классических оперетт, песни на стихи русских поэтов, куплеты Ф. Шаляпина и песни, связанные с морем и морской службой. По традиции концертная программа завершилась исполнением марша Радецкого Иоганна Штрауса.

Затем председатель СПб МС Н. В. Орлов открыл ассамблею. По его команде знаменная группа РПК ЗВО внесла Юбилейный знаменный флаг, затем был исполнен гимн МС. Н. В. Орлов предоставил слово духовнику МС настоятелю Николо-Богоявленского морского собора протоиерею Богдану Сойко. От имени митрополита Санкт-Петербургского и Ладожского Варсонофия отец Богдан сердечно поздравил всех присутствующих с юбилейными датами. В своей речи он сравнил СПб МС с кораблем, который уверенно идет назначенным курсом, и Господь ему в этом помогает. Отец Богдан преподнес Н. В. Орлову грамоту о награждении его серебряной медалью Святого Апостола Петра за труды и усердие в деле возрождения МС. Особенно отец Богдан подчеркнул большую значимость для каждого присутствующего на ассамблее и для всех россиян два важных грядущих события этого года – Пасху Христову и

## 50-Я АССАМБЛЕЯ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО МОРСКОГО СОБРАНИЯ

*Г.А. Гребениčkова, д-р истор. наук, проф., историограф СПб МС,  
контакт. тел. (812) 312 5396*



**Внос Юбилейного знаменного флага  
Знаменной группой РПК ЗВО**

75-летие Победы над фашистской Германией. В заключение он пожелал всем любви, счастья, сил, здоровья и благополучия.

После этого Н. В. Орлов доложил присутствующим о работе МС, о наиболее знаковых этапах его деятельности. Николай Владимирович напомнил, что прошло 110 лет с того дня, когда морской министр Императорского флота России вице-адмирал С. А. Воеводский подписал приказ № 25, в котором по повелению государя Николая II предписывалось «кают-компанию офицеров флотских экипажей, расположенных в С.-Петербурге, именовать впредь Морским Собранием при 2 Балтийском флотском экипаже». Почетным председателем Совета Старшин избирался начальник Главного морского штаба. Тот знаменательный день стал отправной точкой отсчета СПб МС, воссозданного 25 лет назад.

Н. В. Орлов отметил высокое значение МС для российских моряков, которые доказали свою жизнеспособность и стали неотъемлемой частью истории нашего Отечества, носителями идей и традиций славного прошлого Российского флота. Н. В. Орлов обратил внимание на важный факт: «Морское Собрание

Санкт-Петербурга, не превращаясь в политическую трибуну, делает чрезвычайное много для развития флота, для приумножения морских традиций, восполняет пробелы в истории нашего флота, способствует укреплению его авторитета, пропагандирует морскую службу на благо Отечества и объединяет усилия преданных флоту людей на возрождение его славы и могущества. А главенствующими являются такие понятия, как честь, благородство и взаимопомощь».

Сегодня МС объединяет в своих рядах лучших представителей ВМФ РФ, науки, культуры, судостроения, известных и выдающихся государственных и политических деятелей.

Совет Старшин ответственно подошел к празднуемой дате: в числе юбилейных мероприятий – проведение выставки в Центральном военно-морском музее, переиздание монографии «Чесменская победа. Триумф России в Средиземном море», выпуск детской литературы и сертификационной марки, освещение деятельности МС в прессе, включая федеральную, выпуск золотого знака «XXV лет безупречной службы в Морском Собрании», юбилейного буклета. Кроме того, был произведен полуденный выстрел со стен Петропавловской крепости и возложен венок к Морейской колонне в Царском Селе, открыв тем самым год памяти Чесменских событий, 250-летний юбилей которых будет отмечен 7 июля 2020 г.



**Возложение венка к Морейской колонне**



В завершении выступления Николай Владимирович Орлов обратился к гостям ассамблеи: «Уверен, что совместными усилиями мы сделаем все для того, чтобы наш флот стал лучшим в мире. Главные задачи, стоящие перед нами в этом году, это достойное празднование 75-летия Победы советского народа в Великой Отечественной войне и 250-летие Чесменской битвы – самой замечательной победы Русского флота. Подготовка к этим датам идет уже полным ходом. МС и впредь будет поощрять нашу молодежь, нашу достойную смену – отличников морской службы и курсантов. А 7 июля 2020 г. в Царском Селе состоится масштабная историческая реконструкция событий в честь победы русского флота под начальством его Главнокомандующего графа А. Г. Орлова над многочисленным флотом Османской империи».

Н. В. Орлов пожелал всем крепкого здоровья, счастья, активной плодотворной работы во славу Родины и Флота, веры в их достойное будущее.

Затем последовали выступления представителей Главкома ВМФ России, почетных гостей ассамблеи, членов МС – Почетного председателя СПб МС адмирала В. И. Королёва, заместителя Главкома МВФ адмирала В. Л. Касанова, адмирала В. С. Высоцкого, генерального директора ГМЗ «Царское Село» О. В. Таратыновой. Все отметили большие достижения МС в сохранении патриотических и флотских ценностей и его вклад в дело дальнейшего успешного развития России как морской державы. Председатель МС Н. В. Орлов сердечно поздравил адмирала В. И. Королёва с 65-летием, вручил ему ценный подарок и пожелал здоровья и благополучия.



**Награждение Н.М. Вихрова**

Затем заместитель председателя МС адмирал В. П. Иванов зачитал приказ о награждении членов МС:

- золотым нагрудным знаком «За 25 лет безупречной службы в СПб МС» и ценным подарком Н. М. Вихрова, А. И. Штепу, А. В. Яловенко;
- золотым нагрудным знаком «За 20 лет безупречной службы в СПб МС» В. П. Иванова, Г. В. Вилинбахова, Н. А. Решетова, О. А. Мельникова;
- золотым нагрудным знаком «За 15 лет безупречной службы в СПб МС»: В. С. Высоцкого, А. Ф. Савкина,

В. Л. Васюкова, Ю. С. Москаленко;

- золотым нагрудным знаком «За 10 лет безупречной службы в СПб МС» Г. А. Фокина, К. А. Смирнова.

В соответствии с Уставом, Положением о наградах, решением Совета Старшин МС за поддержание высокой боеготовности сил ВМФ РФ, подготовку квалифицированных кадров для флота, большой вклад в развитие отечественного судостроения, морского и речного флотов, патриотическое воспитание подрастающего поколения и в связи с 25-летием возрождения СПб МС награждены:

- орденом «Орденский знак» вице-адмирал А. О. Воложинский;
- орденом «За заслуги» 1-й степени И. В. Вильнит;
- орденом «За заслуги в морской деятельности» 1-й степени М. В. Малюшин, В. В. Дударенко;
- орденом «За трудовую доблесть» 1-й степени И. С. Суховинский, В. В. Запёвалов – представитель МИД в Петербурге;
- орденом «За заслуги» 2-й степени Л. В. Стругов – вице-президент ОСК, генерал-лейтенант О. Л. Мануйло, С. В. Литвинов;
- орденом «За воинскую доблесть» 2-й степени генерал-майор Р. Ш. Нехай, А. В. Фисун – начальник 4-го факультета Военно-медицинской академии, С. В. Грачёв – зам. начальника 4-го факультета Военно-медицинской академии;
- орденом «За заслуги в морской деятельности» 2-й степени В. В. Бортовский. ■



**Вручение ценного подарка адмиралу В.И. Королёву**



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 статью, должны быть представлены дополнительно в форматах: TIFF CMYK (полноцветные), TIFF GRAYSCALE (полутонные), TIFF BITMAP (штриховые), EPS, JPEG, с разрешением 300 dpi для полутонных, 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:** речное круизное пассажирское судно, комфортабельность, модернизация, конверсия, анализ, закономерность

**А.Г. Егоров. Анализ распределения площадей на речных круизных пассажирских судах при модернизации и конверсии // Морской вестник. 2020. № 1 (73). С. 11**

Определены проекты речных круизных пассажирских судов, подходящие для исследования изменения распределения площадей помещений. Представлены результаты этого исследования. Получены закономерности распределения для базовых проектов, модернизаций и конверсий. Т. 6. Ил. 15. Библиогр. 11 назв.

УДК 621.642.1 **Ключевые слова:** криогенное хранилище СПГ, ship-to-shore, бункеровка, FSRU, FSU, дебаркадер, баржа-площадка, наливная баржа

**А.Ю. Баранов, Л.В. Иванов. Конструкционный анализ типов корпусов криогенных барж-резервуаров хранения СПГ // Морской вестник. 2020. № 1 (73). С. 17**

Рассмотрены варианты исполнения портовых хранилищ для СПГ при автономной газификации прибрежных населенных пунктов. Исследованы перспективы использования для хранения СПГ наливных барж, барж-площадок с закрепленными на палубе криогенными танками различной формы и железобетонных дебаркадеров. Т. 7. Ил. 2. Библиогр. 13 назв.

УДК 621.039.533 **Ключевые слова:** КБ «Вымпел», становление бюро, развитие, проектирование, пассажирское судно, плавучая электростанция, платформа, паром, химвоз, ледокол

**В.В. Шаталов. Конструкторское бюро «Вымпел» – 90 лет на рынке проектирования судов // Морской вестник. 2020. № 1 (73). С. 23**

Об истории создания и развития КБ «Вымпел», насчитывающего уже 90 лет. Особое внимание уделено проектированию судов и кораблей: большого охотника, сухогрузов, плавучей электростанции, химвоза, сухогрузов, судов для освоения континентального шельфа, сухогрузных теплоходов смешанного плавания, скоростных судов на воздушной подушке, паромов, ледоколов и др. Все это говорит о высоком потенциале КБ «Вымпел». Ил. 6.

УДК 625.1 **Ключевые слова:** изделие, информация, качество, контроль, метод, надежность, машиностроение, сертификация, страхование

**М.А. Александров, А.Г. Богданов, Д.А. Скорыходов. Формирование информационных систем контроля качества изделий судового машиностроения // Морской вестник. 2020. № 1 (73). С. 29**

Рассмотрены особенности сбора информации и определены основные принципы системы контроля качества. Разработан экспертный метод прогноза уровня надежности и безопасности изделий судового машиностроения. Такой подход служит основой для сертификации и страхования, что необходимо для работы на мировом транспортном рынке производства изделий судового машиностроения. Библиогр. 3 назв.

УДК 627 (26) (075) **Ключевые слова:** мегаблочное формирование, платформостроение, опорные основания, верхние строения, интеграция, алгоритм, монтаж

**Р.Н. Караев. Мегаблочное формирование нефтяных стационарных платформ в условиях Каспийского моря. Часть 1 // Морской вестник. 2020. № 1 (73). С. 32**

Проанализирован опыт внедрения инновационных технологий по формированию нефтяных морских стационарных платформ из мегаблочных конструкций весом по 14 000–15 000 т на шельфе Каспия. Рассмотрены технические требования к постройке, транспортировке и интеграции мегаблочных конструкций опорных оснований и верхних строений платформ в рамках надвижного и напывного способов проведения грузовых и монтажных операций. Приведены алгоритмы строительства опорных оснований и верхних строений на стапеле и последующей их интеграции в море. Продолжение следует. Ил. 13.

УДК 621.039:629.5 **Ключевые слова:** ЦМКБ «Алмаз», тральщик, малый ракетный корабль, постройка

**Д.Е. Цыганков. Краткие итоги деятельности АО «ЦМКБ «Алмаз» в 2019 году // Морской вестник. 2020. № 1 (73). С. 39**

Подведены итоги работы ЦМКБ «Алмаз» за прошедший год. О постройке тральщиков, малых ракетных катеров, закладке кораблей «Туча», «Николай Зубов». Ил. 14

УДК 621.833:658.012:6295 **Ключевые слова:** ремонт по техническому состоянию, вид и объем ремонта, периодичность выполнения ремонтов, ремонтная документация

**А.И. Миронов. Ремонт по техническому состоянию кораблей и судов ВМФ. Взгляд разработчика ремонтной документации // Морской вестник. 2020. № 1 (73). С. 43**

Рассмотрены проблемы, возникающие при разработке документации для выполнения ремонта по техническому состоянию, определении его плановости, объема и периодичности. Некоторые аспекты, изложенные в статье, могут быть спорными, требующими дальнейшей проработки и определения необходимого решения. Т. 1. Библиогр. 7 назв.

УДК 336.12 **Ключевые слова:** система управления предприятием, бюджетное управление, бюджетирование, финансовая структура затрат, центр затрат, сметное планирование, комплексная система управления, бизнес-процесс

**А.М. Романов. Оптимизация бизнес-процессов посредством создания центров финансовой ответственности (центров затрат) в рамках внедрения КСУ // Морской вестник. 2020. № 1 (73). С. 44**

Рассмотрена система управления предприятием через финансовую составляющую – бюджетное управление. Создана финансовая структура затрат АО «СПМБМ «Малахит» с центрами затрат, описаны их преимущества. Разработан модуль сметного планирования в рамках внедрения комплексной системы управления. Изложены основные преимущества данного модуля. Обозначена перспектива интеграции существующих информационных систем управления «1С: Бухгалтерия» и «1С: ERP». Ил. 6. Библиогр. 2 назв.

УДК 338.665.011.5 **Ключевые слова:** госзаказ, ОПК, развитие, закредиванность, законодательная база, прибыль

**И.Л. Вайсман. Системное решение проблемы оздоровления и развития ОПК // Морской вестник. 2020. № 1 (73). С. 49**

О необходимости внесения изменений в ст. 10 (п. 1, пп. 6) Федерального закона ФЗ-275 по нормативному размеру максимальной прибыли в размере 20% от полной себестоимости продукции по госзаказу при условии, что основная часть этой прибыли (не менее 2/3) по условиям госконтракта направляется на модернизацию мощности, диверсификацию, импортозамещение и т.п. Сформулиро-

вана поправка в эту статью, поддержанная Ассоциацией судостроителей. Ил. 3

УДК 621.643.4 **Ключевые слова:** Средне-Невский судостроительный завод, гражданское судостроение, инновации, пассажирский катамаран «Грифон», катер «Рондо»

**«Средне-Невский судостроительный завод» – инновации в гражданском судостроении // Морской вестник. 2020. № 1 (73). С. 53**

Знакомит с основными направлениями работы «Средне-Невского судостроительного завода», проектом пассажирского катамарана «Грифон». Приведены его характеристики. Ил. 3.

УДК 338.4 **Ключевые слова:** финансы, стратегическое управление, стратегия, потенциал, производительность, методология

**А.В.Иванович. Теория физической экономики как альтернатива денежной цивилизации // Морской вестник. 2020. № 1 (73). С. 55**

О проблеме замены финансовой системы новой экономической системой с целью уничтожения системного кризиса цивилизационной трансформации. Библиогр. 3 назв.

УДК 621.51 **Ключевые слова:** компрессор, мембранный, дожимающий, газовый, азот, кислород

**Л.Г. Кузнецов, А.В. Бураков, Д.С. Михайлов, А.В. Тикалов, И.С. Толокнова. Применение дожимающих мембранных компрессорных установок для технических газов на заказах ВМФ // Морской вестник. 2020. № 1 (73). С. 61**

Рассмотрены вопросы проектирования компрессорных станций высокого давления для сжатия технических газов (азот, кислород, гелий, водород) с целью перекачки с функциями осушки и очистки сжатого газа. Проанализирован опыт создания и применения специализированных мембранных компрессоров сжатого газа АО «Компрессор» на кораблях ВМФ и судах, описаны новые и перспективные конструкции компрессорного оборудования для технологических газов. Т. 1. Ил. 5. Библиогр. 7 назв.

УДК 620.197.5 **Ключевые слова:** катодная защита, коррозия, солевые осадки, защитное свойство, морская вода

**Ван Мынг Ву, Б.Б. Чернов, А.М. Нугманов, Л.Ю. Фирсова. Катодная защита морских сооружений, удаленных от стационарных источников электроснабжения // Морской вестник. 2020. № 1 (73). С. 63**

Экспериментально изучена работоспособность установки по катодной защите металлов в природной морской воде от солнечной панели как единственного источника постоянного тока. Показано, что катодное устройство, питающееся только от солнечной батареи, создает катодную защиту морских сооружений со степенью защиты до 86% без использования дополнительных источников энергии. Это достигается за счет формирования известковых покрытий в дневное время суток, которые обеспечивают защиту и в ночной период, когда катодный ток отсутствует. Т. 2. Ил. 3. Библиогр. 16 назв.

УДК 629.5.035.58 **Ключевые слова:** соосные гребные винты противоположного вращения, электрическая передача мощности

**А.Р. Тогунай, С.Л. Анчиков, Л.И. Вишневский. Перспективы применения пропульсивных установок с электрической передачей мощности на соосные гребные винты // Морской вестник. 2020. № 1 (73). С. 66**

Перечислены преимущества электрической передачи мощности на соосные гребные винты противоположного вращения (СГВ) по сравнению с механической передачей

мощности. Приведены примеры перспективного применения пропульсивных установок с электрической передачей мощности на СГВ на основе принципа возможного замещения ими лопастных систем известных конструкций двигателей с указанием достигаемых преимуществ. Обосновано применение СГВ с электрической передачей мощности в составе движительно-рулевых колонок и в составе пропульсивных установок классической компоновки. Т. 2. Ил. 7. Библиогр. 24 назв.

УДК 621.83.62–231.681.532 **Ключевые слова:** электромеханический прибор-датчик угла поворота, малогабаритные кинематические цилиндрические зубчатые передачи, методика проектирования зубчатой передачи, полимерные композиционные материалы

**В.А. Зинков, В.М. Медуничев. Методика проектирования и расчета зубчатых передач из конструкционных полимерных композиционных материалов // Морской вестник. 2020. № 1 (73). С. 74**

Предложена методика проектирования малогабаритных кинематических цилиндрических зубчатых передач преимущественно из конструкционных полимерных композиционных материалов на примере судового электромеханического прибора угла поворота. Методика состоит из четырех основных последовательных этапов, для которых представлены необходимые формулы расчета. Определены особенности расчетов при выборе композиционных материалов для зубчатых звеньев. Также даны рекомендации по улучшению параметров зубчатой передачи малогабаритных редукторов. Ил. 2. Библиогр. 11 назв.

УДК 621.314.5 + 621.313.5 **Ключевые слова:** лебедка буксирная, стабилизация натяжения, взаимосвязанные электроприводы лебедок

**В.А. Хомяк, В.В. Калужный, В.Н. Куракин. Электропривод для стабилизации натяжения морских и речных буксирных, швартовных и якорных лебедок // Морской вестник. 2020. № 1 (73). С. 76**

Способами компьютерного и физического моделирования исследуется стабилизация натяжения буксирных, швартовных и якорных лебедок с двумя системами электропривода – с питанием от традиционного преобразователя напряжения и с питанием от преобразователя тока. Указывается на большую перспективность второго вида преобразователя, особенно для позиционирования буровых платформ. Ил. 7. Библиогр. 7 назв.

УДК 517.97:51–74:621.865.8 **Ключевые слова:** антропоморфный манипулятор, звенья конечной жесткости, оптимальное вращение элементов звеньев, переносный, относительный и абсолютный покой в конце движения

**Н.И. Варминская. Динамика трехзвенного антропоморфного упругого манипулятора при оптимальном управлении движением // Морской вестник. 2020. № 1 (73). С. 82**

Исследована модель оптимального вращательного движения (в горизонтальной плоскости) руки антропоморфного трехзвенного манипулятора со звеньями конечной жесткости из исходного в конечное состояние абсолютного покоя при использовании кососимметричного управления типа «разгон-торможение». Сложное движение состоит из переносного и относительного (упругих колебаний звеньев). Абсолютный покой в конце движения достигается как сумма переносного и относительного покоя. Ил. 12. Библиогр. 34 назв.

УДК 629.5:061.5 **Ключевые слова:** концерн, общество, управление, объект, инновация, автоматика, корабль, судно, система, тренажер, интеграция, интерфейс, видеокадр, оператор, энергетика, пульт, конструктор, элемент, организация, технология, проект

**К.Ю. Шилов. Современное состояние и направления развития АО «Концерн НПО «Аврора» // Морской вестник. 2020. № 1 (73). С. 86**

Рассмотрена деятельность концерна «НПО «Аврора» в течение 50 лет. Проанализировано современное состояние и намечены перспективы дальнейшего развития. Определены приоритетные направления деятельности научно-технического коллектива предприятия. Особое внимание уделено таким направлениям, как инновационные проекты; совершенствование технологий проектирования, производства и обработки систем управления; внедрение новых техноло-

гий и производственных процессов; научная деятельность и научные школы; технология разработки программного обеспечения. Приведены и подробно описаны направления развития по различным видам продукции. Обращается особое внимание на развитие кадрового потенциала концерна. Ил. 5. Библиогр. 13 назв.

УДК 621.3 **Ключевые слова:** Концерн «НПО «Аврора», АО «Компонент-АСУ», пульт управления, вычислительная аппаратура, разработка, модуль

**К.Ю. Шилов. О программе импортозамещения электронной компонентной базы в изделиях АО «Концерн НПО «Аврора» // Морской вестник. 2020. № 1 (73). С. 90**

О разработке составных частей для комплексирования вычислительной техники, таких как центральные и местные пульта управления, периферийные приборы, модули электронной компонентной базы. Т.1. Ил. 5.

УДК 621.313 **Ключевые слова:** диагностика, интеллектуальная система, электрооборудование, кабель, контроль

**Д.А. Кондратьев, А.Г. Юрескул. Интеллектуальные системы диагностирования судового электрооборудования // Морской вестник. 2020. № 1 (73). С. 92**

Приведен обзор систем диагностирования судового электрооборудования. Представлены типовые элементы конструкции и составные части систем диагностирования. Описаны структура и функции, возможности использования технических и программных средств нового поколения интеллектуальных систем диагностирования. Т.1. Ил. 1. Библиогр. 7 назв.

УДК 681.5.532 **Ключевые слова:** аварийная ситуация, аномальное состояние, принятие решения, система информационной поддержки

**М.В. Костына, Н.Я. Щербина. О совершенствовании системы предупреждения аварийности на морских объектах // Морской вестник. 2020. № 1 (73). С. 97**

Рассмотрены вопросы совершенствования систем информационной поддержки борьбы за живучесть с помощью автоматического распознавания аномального состояния объекта на возможно раннем этапе его возникновения. Т.1. Ил. 1. Библиогр. 13 назв.

УДК 629.123.56:539.38 **Ключевые слова:** интегрированная навигационная система, платформа «Муссон», разработка, применение

**И.В. Бедняков, В.В. Ефимов, Д.Ю. Сарычев. Построение судовой интегрированной навигационной системы на базе платформы «Муссон» // Морской вестник. 2020. № 1 (73). С. 101**

Доказана применимость платформенного решения для построения интегрированной навигационной системы (ИНС) различного масштаба, охватывающего широкий спектр потребителей. Продемонстрированы возможности разработки ИНС на базе шаблона «помехоустойчивого решения», приведены основные характеристики готового решения. Проведена оценка временных затрат на конфигурирование и развертывание ПО ИНС. Ил. 3. Библиогр. 4 назв.

УДК 004.056.53 **Ключевые слова:** информационная безопасность, защита информации, несанкционированный доступ, информационная система, промышленные предприятия

**В.Г. Ерышов, Р.Д. Куликов, Д.А. Богданов, К.В. Балицкая. Модель процесса защиты информации в информационно-промышленных предприятиях от несанкционированного доступа // Морской вестник. 2020. № 1 (73). С. 103**

Описана разработанная имитационная модель, позволяющая оценивать эффективность процесса защиты информации от несанкционированного доступа в информационных системах промышленных предприятий в зависимости от варьируемых исходных данных, а также разработать требования (критерии) для перспективных систем защиты информации от несанкционированного доступа. Разработанная модель проводилась в рамках мероприятий по повышению эффективности комплексной системы информационной безопасности в АО «Армалит». Ил. 5.

УДК 004.942:004.031.043 **Ключевые слова:** распределенный интеллект, управленческое решение, цифровая модель, построение, компьютерное моделирование, эксплуатация судна

**Ю.И. Нечаев. Цифровая модель распределенного интеллекта при поддержке управленческих решений // Морской вестник. 2020. № 1 (73). С. 107**

Рассмотрены концептуальные основы и процедуры построения цифровой модели при интеллектуальной поддержке управленческих решений в судостроении и морской технике на основе многофункционального программного комплекса. Разработанная стратегия компьютерного моделирования позволяет реализовать процедуры цифрового моделирования в режиме экстренных вычислений. Используемый абстрактный образ цифровой модели отражает основные тенденции развития управленческих решений при разработке практических приложений. Подход к интерпретации цифрового моделирования основан на эффективном использовании достижений в области мультиагентных технологий. Вычислительная среда цифрового моделирования представлена как активная динамическая система на основе нечеткой формальной системы управления, обеспечивающей функционирование цифровой модели в условиях непрерывного изменения динамики объекта и внешней среды в условиях неопределенности. Приведены направления реализации цифровой модели в процессе выработки управленческих решений при проектировании, постройке и эксплуатации судов. Ил. 5. Библиогр. 7 назв.

УДК 53.087.45 **Ключевые слова:** многолучевой эхолот, профилограф, съемка рельефа дна, специальное программное обеспечение

**К.А. Смирнов, Н.А. Нестеров, Р.А. Андреев. АО «МНС»: Опыт оснащения судов гидрографическим оборудованием // Морской вестник. 2020. № 1 (73). С. 111**

Проанализирован опыт проверенного комплексного подхода к оснащению судов гидрографическим оборудованием. Отмечена целесообразность объединения гидрографического оборудования с навигационными и другими измерительными системами в единый аппаратно-программный гидрографический комплекс. Ил. 8.

УДК 527 (07) **Ключевые слова:** секстан с поворотным большим зеркалом, универсальный поворотный стенд, функциональная погрешность

**Ф.Ш. Габбасов, С.И. Бабич. Принцип действия поверочного стенда для секстана с двумя стенными свободой большого зеркала // Морской вестник. 2020. № 1 (73). С. 114**

Сконструирован и воплощен в металле универсальный стенд для тарировки шкал и поверки углоизмерительных инструментов. Описан принцип действия поверочного стенда. Ил. 7. Библиогр. 5 назв.

УДК 656.614.32 **Ключевые слова:** крепление палубного груза пилотматериалов, расчеты количества найтовов, международные требования, российские требования

**Г.А. Пелехов. Анализ российских и международных требований к расчетам крепления палубного груза паке-тированных пилотматериалов // Морской вестник. 2020. № 1 (73). С. 116**

Проанализированы международные и российские требования, предъявляемые к креплению палубного груза паке-тированных пилотматериалов. Приведены примеры расчетов необходимого для крепления количества найтовов. Рассмотрены преимущества и недостатки международных и российских требований и методов расчетов. Библиогр. 8 назв.

УДК 629.5 **Ключевые слова:** Мурманский судоремонтный завод, Главсевморпуть, Северный флот, изобретательская и рационализаторская работа, рационализаторское предложение

**Б.А. Барбанель, В.Н. Половинкин, С.В. Федулов, Н.Н. Мизиркина. Рационализаторская работа на Мурманском судоремонтном заводе в годы Великой Отечественной войны (1942–1945) // Морской вестник. 2020. № 1 (73). С. 118**

Раскрывает особенности рационализаторской работы на Мурманском судоремонтном заводе в годы войны. Рассмотрены основные направления этой работы и ее экономический эффект. Посвящена 75-летию Великой Победы. Т. 2. Ил. 3. Библиогр. 17 назв.

УДК 629.5 **Ключевые слова:** КНР, военное кораблестроение, помощь СССР

**О.В. Третьяков, Д.Ю. Литинский. Становление военного кораблестроения в Китайской Народной Республике // Морской вестник. 2020. № 1 (73). С. 122**

Подробно рассказано о помощи Советского Союза КНР в создании НИИ кораблестроения, военно-техническом сотрудничестве двух стран в сфере кораблестроения. Ил. 6. Библиогр. 5 назв.



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

UDC629.5.01 **Keywords:** river cruise passenger vessel, comfortableness, modernization, conversion, analysis, correlation

**A.G. Egorov. Analysis of the distribution of space on river cruise passenger ships during modernization and conversion//Morskoy Vestnik. 2020. № 1 (73). P.11**

Projects of river cruise passenger vessels suitable for research of change of distribution of compartments' areas are defined. Results of this research are provided. Correlations of distribution for basic projects, modernizations and conversions are received. T.6. Fig. 15. Bibliography 11 titles.

UDC 621.642.1 **Keywords:** LNG cryogenic storage, ship-to-shore, bunkering, FSRU, FSU, landing stage, barge platform, bulk barge

**A.Yu. Baranov, L.V. Ivanov. Structural analysis of the types of hulls of cryogenic barge storage tanks for LNG//Morskoy Vestnik. 2020. № 1 (73). P.17**

Variants of the design of port storage facilities for LNG during autonomous gasification of coastal settlements are considered. The prospects of using bulk barges, barge platforms with cryogenic tanks of various shapes and reinforced concrete landing stages fixed on the deck for storage are studied. T.7. Fig. 2. Bibliography 13 titles.

UDC 621.039.533 **Keywords:** Design Office «Vympel», establishment of a bureau, development, design, passenger ship, floating power station, platform, ferry, chemical carrier, icebreaker

**V.V. Shatalov. Vypel Design Bureau – 90 years on the ship design market//Morskoy Vestnik. 2020. № 1 (73). P.23**

About the history of the creation and development of Design Office «Vympel», which has been dating back 90 years. Particular attention is paid to the design of ships and ships: a large hunter, dry cargo vessels, a floating power plant, a chemical carrier, dry cargo vessels, vessels for the development of the continental shelf, mixed cargo dry cargo ships, high-speed hovercraft, ferries, icebreakers, etc. All this indicates the high potential of the Design Office «Vympel». Fig.6.

UDC 625.1 **Keywords:** product, information, quality, control, method, reliability, engineering, certification, insurance

**M.A. Aleksandrov, A.G. Bogdanov, D.A. Skorokhodov. Formation of information systems for quality control of ship engineering products//Morskoy Vestnik. 2020. № 1 (73). P.29**

The features of information collection are considered and the basic principles of a quality control system are determined. An expert method has been developed for predicting the level of reliability and safety of marine engineering products. This approach is the basis for certification and insurance, which is necessary for working in the global transport market for the production of marine engineering products. Bibliography 3 titles.

UDC 627 (26) (075) **Keywords:** megablock formation, platform building, support bases, upper structures, integration, algorithm, installation

**R.N. Karaev. Megablock formation of stationary oil platforms in the Caspian Sea. Part 1//Morskoy Vestnik. 2020. № 1 (73). P.32**

The experience of introducing innovative technologies for the formation of oil offshore stationary platforms from megablock structures weighing 14,000–15,000 tons on the Caspian shelf is analyzed. The technical requirements for the construction, transportation and integration of megablock structures of the support bases and the upper structures of the platforms are considered as part of the sliding and inland methods of carrying out cargo and installation operations. Algorithms for the construction of supporting foundations and upper structures on the slipway and their subsequent integration into the sea are given. To be continued. Fig.13.

UDC 621.039: 629.5 **Keywords:** Almaz Central Marine Design Bureau, minesweeper, small missile ship, construction

**D.E. Tsygankov. Brief results of the activities of JSC Almaz CMDB in 2019//Morskoy Vestnik. 2020. № 1 (73). P.39**

The results of the work of Almaz CMDB over the past year have been summed up. About the construction of minesweepers, small missile boats, the laying of the ships «Tucha», «Nikolay Zubov» and others. Fig.13.

UDC 621.833:658.012:6295 **Keywords:** technical repair, type and amount of repair, frequency of repairs, repair documentation

**A.I. Mironov. Repair on the technical condition of ships and ships of the Navy. The view of the developer of repair documentation//Morskoy Vestnik. 2020. № 1 (73). P.43**

The problems that arise during the development of documentation for performing repairs according to the technical condition, determining its planning, volume and frequency are considered. Some aspects set forth in the article may be controversial, requiring further elaboration and determination of the necessary solution. T.1. Bibliography 7 titles.

UDC 336.12 **Keywords:** enterprise management system, budget management, budgeting, financial cost structure, cost center, budget planning, integrated management system, business process

**A.M. Romanov. Optimization of business processes through the creation of financial responsibility centers (cost centers) as part of the implementation of the KSU//Morskoy Vestnik. 2020. № 1 (73). P.44**

The enterprise management system through the financial component – budget management is considered. The financial structure of costs of JSC SPMD Malachite with cost centers was created, their advantages are described. An estimate planning module has been developed as part of the implementation of an integrated management system. The main advantages of this module are outlined. The perspective of integration of the existing information management systems «1C: Accounting» and «1C: ERP» is indicated. Fig.6. Bibliography 2 titles.

UDC 338.665.011.5 **Keywords:** state order, defense industry, development, debt, legislative base, profit

**I.L. Vaisman. Systemic solution to the problems of rehabilitation and development of the defense industry//Morskoy Vestnik. 2020. № 1(73). P.49**

On the need to amend Article 10 (Clause 1, Clause 6) of Federal Law Ф3-275 on the normative maximum profit

margin of 20% of the total cost of production under state orders, provided that the bulk of this profit (at least 2/3) under the terms of the state contract it is directed to modernization of capacity, diversification, import substitution, etc. An amendment to this article was formulated, supported by the Association of Shipbuilders. Fig.3.

UDC 621.643.4 **Keywords:** Sredne-Nevesky Shipbuilding Plant, civil shipbuilding, innovations, passenger catamaran Grifon, Rondo multipurpose boat

**Sredne-Nevesky Shipbuilding Plant – innovations in civil shipbuilding//Morskoy Vestnik. 2020. № 1 (73). P.53**

Introduces the main areas of work of the Sredne-Nevesky Shipbuilding Plant, the project of the passenger catamaran Grifon, Rondo multipurpose boat. Its characteristics are given. Fig. 3.

UDC 338.4 **Keywords:** finance, strategic management, strategy, potential, productivity, methodology

**A.V. Ivankovich. The theory of physical economics as an alternative to monetary civilization//Morskoy Vestnik. 2020. № 1 (73). P.55**

About the problem of replacing the financial system with a new economic system in order to destroy the systemic crisis of civilizational transformation. Bibliography 3 titles.

UDC 621.51 **Keywords:** compressor, membrane, booster, gas, nitrogen, oxygen

**L.G. Kuznetsov, A.V. Burakov, D.S. Mikhailov, A.V. Tikhonov, I.S. Toloknova. The use of booster membrane compressor units for technical gases on the orders of the Navy//Morskoy Vestnik. 2020. № 1 (73). P.61**

The issues of designing high-pressure compressor stations for the compression of industrial gases (nitrogen, oxygen, helium, hydrogen) for the purpose of pumping with the functions of drying and purification of compressed gas are considered. The experience of creating and using specialized membrane compressed gas compressors of Compressor JSC on Navy ships and vessels is analyzed, new and promising designs of compressor equipment for process gases are described. T.1. Fig.5. Bibliography 7 titles.

UDC 620.197.5 **Keywords:** cathodic protection, corrosion, salt deposits, protective property, sea water

**V.M. Vu, B.B. Chernov, A.M. Nugmanov, L.Yu. Firsova. Cathode protection of marine structures away from stationary electrical supply sources//Morskoy Vestnik. 2020. №1 (73). P.63**

The operability of a cathodic protection device for marine structures using a solar panel as the only direct current source was experimentally studied. Results of this work shown that the cathodic protection device, powered only by a solar battery, allows cathodic protection of marine structures with a degree of protection reaching to 86% without the use of additional energy sources. Protection was achieved by the formation of calcareous coatings in the daytime, which provide protection in the nighttime, when the cathode current is absent. T.2. Fig.3. Bibliography 16 titles.

UDC 629.5.035.58 **Keywords:** coaxial contra-rotating propellers, electric power transmission

**A.R. Togunjac, S.L. Anchikov, L.I. Vishnevsky. Prospects for the use of propulsion systems with electric power transmission to coaxial propellers//Morskoy Vestnik. 2020. №1 (73). P.66**

The advantages of electric power transmission to coaxial contra-rotating propellers (CRP) compared with the mechanical transmission power are listed. Examples of the long-term application of propulsion systems with electric power transmissions to CRP based on the principle of replacing by them blade systems of known propulsion systems with indication of advantage achieved are given. Justified the use of CRP with electric power transmission as part of azimuthing thruster and as part of propulsion system with classic layout. T.3. Fig.7. Bibliography 26 titles.

UDC 621.83, 62–231, 681.532 **Keywords:** electro-mechanical device-angle sensor, small-sized kinematic cylindrical gears, gear design technique, polymer composite materials

**V.A. Zinkov, V.M. Medunetsky. Methods of designing and calculating gears from structural polymer composite materials//Morskoy Vestnik. 2020. № 1 (73). P.74**

A method for designing small-sized kinematic cylindrical gears is proposed, mainly from structural polymer composite materials using the example of a ship's electromechanical device of rotation angle. The technique consists of four main successive stages for which the necessary calculation formulas are presented. The features of calculations are determined when choosing composite materials for gear links. Recommendations are also given on improving the gear parameters of small-sized gearboxes. Fig.2. Bibliography 11 titles.

UDC 621.314.5 + 621.313.5 **Keywords:** towing winch, tension stabilization, interconnected electric winch

**V.A. Khomyak, V.V. Kalyuzhny, V.N. Kurakin. Electric drive to stabilize the tension of sea and river towing, mooring and anchor winches//Morskoy Vestnik. 2020. № 1 (73). P.76**

By the methods of design a computer and physical stabilization of pull of winches with two systems of electrodrive a tug and mooring is explored – with the feed from the traditional transformer of voltage source and with the feed from the transformer of current source. It is specified on large perspective of the second type of transformer, is special for the case of positioning, for example, boring platforms. Fig.7. Bibliography 7 titles.

UDC 517.97: 51–74: 621.865.8 **Keywords:** anthropomorphic manipulator, links of finite stiffness, optimal rotation of link elements, figurative, relative and absolute rest at the end of movement

**N.I. Varminskaya. Dynamics of a three-link anthropomorphic elastic manipulator with optimal motion control//Morskoy Vestnik. 2020. № 1 (73). P.82**

The model of the optimal rotational movement (in the horizontal plane) of the arm of an anthropomorphic three-link manipulator with links of finite stiffness from the initial to the final state of absolute rest using the skew-symmetric acceleration-braking control was studied. The complex movement consists of the figurative and relative (elastic vibrations of the links). Absolute rest at the end of the movement is achieved as the sum of the figurative and relative rest. Fig.12. Bibliography 34 titles.

UDC 629.5: 061.5 **Keywords:** concern, society, management, facility, innovation, automation, ship, vessel, system, simulator, integration, interface, video frame, operator, energy, remote control, constructor, element, organization, technology, project

**K. Yu. Shilov. Current status and development directions of JSC Concern Aurora SPA//Morskoy Vestnik. 2020. № 1 (73). P.86**

The activity of the Concern Aurora SPA for 50 years has been reviewed. The current state is analyzed and prospects for further development are outlined. The priority areas of activity of the scientific and technical team of the enterprise are determined. Particular attention is paid to such areas as innovative projects; improvement of technologies for the design, production and processing of control systems; in-

troduction of new technologies and production processes; scientific activities and scientific schools; software development technology. The development directions for various types of products are given and described in detail. Particular attention is paid to the development of the personnel potential of the concern. Fig.5. Bibliography 13 titles.

UDC 621.3 **Keywords:** Concern SPA Aurora, JSC Component-ACS, control panel, computing equipment, development, module

**K. Yu. Shilov. About the program of import substitution of electronic component base in products of JSC Concern SPA Aurora//Morskoy Vestnik. 2020. № 1 (73). P.90**

On the development of components for the integration of computer technology, such as central and local control panels, peripheral devices, electronic component base modules. T.1. Fig.5.

UDC 621.313 **Keywords:** diagnostics, intelligent system, electrical equipment, cable, control

**D.A. Kondrat'ev, A.G. Yureskul. Intellectual diagnostic systems of marine electrical equipment//Morskoy Vestnik. 2020. № 1(73). P.92**

Article provides an overview of the systems for diagnosing marine electrical equipment. Typical structural elements and components of diagnostic systems are presented. The structure and functions, the possibilities of using hardware and software of a new generation of intelligent diagnostic systems are described. T.1. Fig.1. Bibliography 7 titles.

UDC 681.5.532 **Keywords:** emergency, abnormal condition, decision making, information support system

**M.V. Kostyna, N. Ya. Shcherbina. On improving the accident prevention system at offshore facilities//Morskoy Vestnik. 2020. № 1 (73). P.97**

The issues of improving the systems of information support for the struggle for survivability using automatic recognition of the anomalous state of an object at the earliest possible stage of its occurrence are considered. T.1. Fig.1. Bibliography 13 titles.

UDC 629.123.56: 539.38 **Keywords:** integrated navigation system, Monsoon platform, development, application

**I.V. Bednyakov, V.V. Efimov, D. Yu. Sarychev. Construction of a ship integrated navigation system based on the Monsoon platform//Morskoy Vestnik. 2020. № 1 (73). P.101**

The applicability of a platform solution for building an integrated navigation system (ANN) of various scales, covering a wide range of consumers, has been proved. The possibilities of developing an ANN on the basis of the "noise-tolerant solution" template are demonstrated, the main characteristics of the finished solution are presented. An estimate of the time spent on the configuration and deployment of ANN software was carried out. Fig.3. Bibliography 4 titles.

UDC 004.056.53 **Keywords:** information security, information protection, unauthorized access, information system, industrial enterprises

**V.G. Eryshov, R.D. Kulikov, D.A. Bogdanov, K.V. Balitskaya. A model of the process of protecting information in information systems of industrial enterprises from unauthorized access//Morskoy Vestnik. 2020. № 1 (73). P.103**

The developed simulation model is described, which allows assessing the effectiveness of the process of protecting information from unauthorized access in information systems of industrial enterprises depending on the varied initial data, as well as developing requirements (criteria) for promising systems of protecting information from unauthorized access. The development of the model was carried out as part of measures to increase the effectiveness of the integrated information security system at Armat JSC. Fig.5.

UDC 004.942: 004.031.043 **Keywords:** distributed intelligence, management decision, digital model, construction, computer simulation, ship operation

**Yu.I. Nechaev. Digital model of distributed intelli-**

**gence with the support of management decisions//Morskoy Vestnik. 2020. № 1 (73). P.107**

The conceptual framework and procedures for constructing a digital model with the intellectual support of managerial decisions in shipbuilding and marine engineering based on a multifunctional software package are considered. The developed computer simulation strategy allows implementing digital modeling procedures in emergency computing mode. The abstract image of the digital model used reflects the main trends in the development of managerial decisions in the development of practical applications. The approach to the interpretation of digital modeling is based on the effective use of achievements in the field of multi-agent technologies. The computational environment of digital modeling is presented as an active dynamic system based on a fuzzy formal control system that ensures the functioning of the digital model in the conditions of continuous changes in the dynamics of the object and the external environment under conditions of uncertainty. The directions of the implementation of the digital model in the process of developing managerial decisions in the design, construction and operation of ships are given. Fig.5. Bibliography 7 titles.

UDC 53.087.45 **Keywords:** multi-beam echo sounder, profilograph, bottom topography, special software

**K.A. Smirnov, N.A. Nesterov, R.A. Andreiuk. JSC MNS: Experience in equipping ships with hydrographic devices//Morskoy Vestnik. 2020. № 1 (73). P.111**

The experience of a proven integrated approach to equipping ships with hydrographic equipment is analyzed. The expediency of combining hydrographic equipment with navigation and other measuring systems into a single hardware-software hydrographic complex is noted. Fig.8.

UDC 527 (07) **Keywords:** sextant with a large swivel mirror, universal calibration bench, functional error

**F.Sh. Gabbasov, S.I. Babich. The principle of operation of a calibration bench for a sextant with two degrees of freedom of a large mirror//Morskoy Vestnik. 2020. № 1 (73). P.114**

A universal stand has been designed and implemented in metal for calibration of scales and calibration of angle measuring instruments. The principle of operation of the calibration bench is described. Fig. 7. Bibliography 5 titles.

UDC 656.614.32 **Keywords:** fastening of deck cargo of lumber, calculation of the number of lashings, international requirements, russian requirements

**G.A. Pelekhov. Analysis of Russian and international requirements for calculations of fastening deck cargo of packaged lumber//Morskoy Vestnik. 2020. № 1 (73). P.116**

The international and russian requirements for securing deck cargo of packaged lumber are analyzed. Examples of calculations necessary for securing the number of lashes are given. The advantages and disadvantages of international and russian requirements and calculation methods are considered. Bibliography 8 titles.

UDC 629.5 **Keywords:** Murmansk Shipyard, Glavsevmorput, Northern Fleet, inventive and rationalization work, rationalization proposal

**B.A. Barbanel, V.N. Polovinkin, S.V. Fedulov, N.N. Mizirina. Rationalization work at the Murmansk Shipyard during the Great Patriotic War (1942–1945)//Morskoy Vestnik. 2020. № 1 (73). P.118**

It reveals the features of rationalization work at the Murmansk Shipyard during the war years. The main directions of this work and its economic effect are considered. Dedicated to the 75<sup>th</sup> anniversary of the Great Victory. T.2. Fig.3. Bibliography 17 titles.

UDC 629.5 **Keywords:** China, military shipbuilding, assistance to the USSR

**O.V. Tretyakov, D.Yu. Litinsky. The formation of military shipbuilding in the People's Republic of China//Morskoy Vestnik. 2020. № 1 (73). P.122**

It details the help of the Soviet Union of the People's Republic of China (PRC) in creating a research institute for shipbuilding, military-technical cooperation between the two countries in the field of shipbuilding. Fig.6. Bibliography 5 titles.