

*Морской*



**№4(68)**  
**декабрь**  
**2018**  
ISSN 1812-3694

*Вестник*

*Morskoy Vestnik*



**АРМАЛИТ**

**140**

**ЛЕТ**

[WWW.ARMALIT1.RU](http://WWW.ARMALIT1.RU)





# НА «АДМИРАЛТЕЙСКИХ ВЕРФЯХ» СПУЩЕНА НА ВОДУ ПОДВОДНАЯ ЛОДКА «КРОНШТАДТ»

АО «Адмиралтейские верфи»,  
контакт. тел. (812) 714 8575

**20** сентября в АО «Адмиралтейские верфи» (входит в Объединенную судостроительную корпорацию) состоялась торжественная церемония спуска на воду дизель-электрической подводной лодки «Кронштадт», строящейся для ВМФ России.

Генеральный директор АО «Адмиралтейские верфи» А.С. Бузаков, выступая на митинге, назвал спуск корабля значимым событием для верфей: «Сегодня мы спускаем на воду корабль, заложенный в 2005 году. За эти годы приостанавливалось и финансирование, и строительство заказа. Но вынужденная пауза позволила нам максимально учесть опыт эксплуатации на Северном флоте первого корабля этого проекта – подводной лодки «Санкт-Петербург». В следующем году запланировано подписание контрактов на четвертую и пятую лодки серии, и мы верим, что будущее неатомного подводного флота России за проектом 677!».

От имени Главнокомандующего ВМФ участников торжественной церемонии приветствовал заместитель начальника Управления кораблестроения Главного командования ВМФ России капитан 1 ранга М.М. Краснопеов: «Вся история «Адмиралтейских верфей», начиная с эпохи Петра Великого, свидетельствует о том, что предприятие умеет строить уникальные корабли. И сегодняшний спуск – наглядное тому подтверждение. Для российских моряков большая честь служить на таких современных подводных лодках».

Подводная лодка «Кронштадт» – вторая в серии пр. 677 «Лада» – заложена в июле 2005 г. В 2009 г. по решению Министерства обороны РФ строительство заказа было приостановлено до передачи в опытную эксплуатацию головного заказа серии – подводной лодки «Санкт-Петербург». Государственный контракт на возобновление строительства корабля был подписан 9 июля 2013 г.

Подлодки пр. 677 «Лада» относятся к четвертому поколению неатомных подводных лодок, которые на сегодняшний день признаны самыми современными и перспективными отечественными неатомными подводными кораблями как по боевой эффективности, так и по другим тактико-техническим характеристикам. «Адмиралтейские верфи» – единственный завод-строитель кораблей данного класса.

Подводная лодка «Кронштадт» строится по откорректированному по результатам опытной эксплуатации головного корабля проекту. На корабле глубоко модернизированы система управления корабельными техническими средствами, система электродвижения, навигационный комплекс. В перспективе подводные лодки проекта «Лада» планируется оснастить анаэробной воздухонезависимой установкой (ВНЭУ), над созданием которой работают специалисты ЦКБ МТ «Рубин».

Показательно, что спуск подлодки «Кронштадт» состоялся в условиях масштабной реконструкции стапельно-сдаточного цеха, которая проводится в рамках реализации федеральной целевой программы «Развитие оборонно-



**Генеральный директор АО «Адмиралтейские верфи» А.С. Бузаков выступает на митинге**

промышленного комплекса на период 2011–2020 годов». По ее завершении на предприятии будет создан современный специализированный комплекс замкнутого цикла по строительству неатомных подводных лодок, который оптимизирует производственный процесс и расширит возможности «Адмиралтейских верфей» при выполнении подобных заказов. Работы в рамках реконструкции ведутся без остановки действующего производства и не влияют на сроки исполнения контрактов предприятием. ■



## Тактико-технические характеристики подводных лодок пр. 677 «Лада»

Скорость подводного ход, уз.....	21
Дальность подводного плавания экономической скоростью 3 уз., мили ...	650
Предельная глубина погружения, м	300
Надводное водоизмещение, м <sup>3</sup> .....	1765
Длина, м .....	66,8
Ширина, м .....	7,1
Автономность, сут. ....	45
Экипаж, чел. ....	35
Количество торпедных аппаратов, ед. ....	6
Боезапас ракет или мин, ед./калибр, мм .....	18/533

# Морской Вестник



№ 4 (68)  
декабрь  
2018

Morskoy Vestnik

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

## Редационный совет

### Председатель

**А.Л. Рахманов**, президент

АО «Объединенная судостроительная корпорация»

### Сопредседатели:

**В.Л. Александров**, президент

Ассоциации судостроителей СПб и ЛО

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

и Российского НТО судостроителей

им. акад. А.Н. Крылова

**Г.А. Туричин**, ректор СПбГМТУ

### Члены совета:

**М.А. Александров**, директор

ЗАО «ЦНИИ СМ»

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

АО «Адмиралтейские верфи»

**Н.М. Вихров**, генеральный директор

ЗАО «Канонерский судоремонтный завод»

**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»

**А.Ф. Зеньков**, генеральный директор АО «ГНИИГИ»

**М.А. Иванов**, генеральный директор

АО «Системы управления и приборостроения»

**В.Н. Илюхин**, председатель НО «АРПСТ»

**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»

**И.М. Мухутдинов**, генеральный директор

ПАО «СФ «Алмаз»

**Н.В. Орлов**, председатель

Санкт-Петербургского Морского Собрания

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

АО «Кронштадт Технологии»

**С.В. Савков**, генеральный директор

АО «Новая ЭРА»

**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.Н. Тихомиров**, генеральный директор

ЗАО «Транстех Невы Экспресс»

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

ЗАО «Концерн Морфлот»

**В.В. Ханьчев**, генеральный директор

АО «ЦНИИ «Курс»

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

ОАО «Пелла»

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

АО КБ «Вымпел»

**К.Ю. Шилов**, генеральный директор

АО «Концерн «НПО «Аврора»

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

АО «ЦМКБ «Алмаз»

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

ООО ПКБ «Петробалт»

## СОДЕРЖАНИЕ

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ И КОНСТРУКЦИЯ СУДОВ

- На «Адмиралтейских верфях» спущена на воду подводная лодка «Кронштадт»..... 1*  
**Д. Е. Цыпляков**. Малые ракетные корабли проекта 22800 «Каракурт»  
пополнят состав ВМФ России ..... 7  
*Судостроительный завод «Пелла» спустил на воду малый ракетный корабль  
«Буря» для ВМФ России ..... 11*  
**В. Е. Юхнин**. Сторожевые корабли проекта 11356 для ВМФ России:  
проблемы их дальнейшего строительства ..... 13  
**Г. В. Егоров, В. И. Тонюк**. «Сверхполные» многоцелевые сухогрузные суда  
«Волго-Дон макс» класса проекта RSD59 типа «Пола Макария» ..... 17  
**Е. М. Апполонов, А. Б. Ваганов, Б. П. Ионов, Н. В. Калинина, Ю. П. Кузнецов,  
Ю. Ф. Орлов**. Прогнозирование ходкости ледокола при движении в торосистых  
льдах ..... 28

### ТЕХНОЛОГИЯ СУДОСТРОЕНИЯ, СУДОРЕМОНТА И ОРГАНИЗАЦИЯ СУДОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

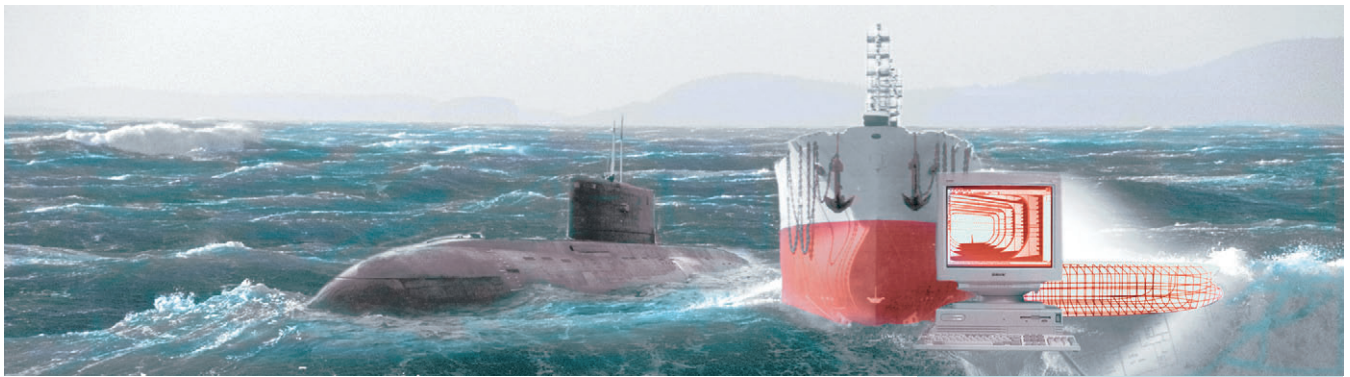
- И. Л. Вайсман**. Ускорить системное совершенствование законодательной  
и нормативно-правовой базы – главное условие дальнейшего развития  
экономики страны и повышения качества жизни населения ..... 29  
**А. Ю. Куценко, Н. Н. Иванова, С. Н. Сергеева**. Управление правами  
на результаты интеллектуальной деятельности в ЗАО «ЦНИИ СМ» ..... 35  
**А. В. Иванкович**. Развитие системы управления промышленным  
предприятием ..... 40  
*Журналу «Судостроение» – 120 лет ..... 42*  
**М. А. Ермолаев**. Промышленная революция 4.0 ..... 43

### СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И ИХ ЭЛЕМЕНТЫ

- Л. Н. Сидорина, А. А. Чагинова**. Машиностроительному заводу  
«Армалит» – 140 лет ..... 45  
**В. В. Дударенко**. На пороге новой энергетической эры ..... 50  
**А. А. Ахрестин, М. А. Ахрестин, П. А. Крюков, Д. В. Шамановский**.  
Распространение наносекундных импульсных помех в судовых кабелях ..... 57  
**Б. Ф. Дмитриев, С. Я. Галушин, А. Н. Калмыков, О. А. Шабалина**.  
Влияние первичного источника питания на энергетические характеристики  
многоуровневых преобразователей напряжения в составе судовых  
электроэнергетических комплексов ..... 63  
**Л. Г. Кузнецов, Ю. Л. Кузнецов, А. В. Бураков, С. М. Томашевский**.  
Эффективные системы очистки, осушки, хранения и контроля параметров  
сжатого воздуха для кораблей военно-морского флота и гражданских судов ..... 73

### ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

- Ю. Ф. Подоплёкин, В. А. Смирнов, Д. В. Смирнов**. К вопросу  
о решении задачи индивидуального прогнозирования и планирования  
эксплуатации систем ответственного назначения в условиях  
неопределенности исходной информации ..... 79



<i>С. А. Груничев, Дмитрий Екимов. Подъемно-опускные устройства для гидроакустических систем</i> .....	85
<i>Ю. И. Базаров, В. А. Атаманюк. Автоматическая система обмена данными ОВЧ диапазона в навигационном и информационном обеспечении судов в Арктике</i> .....	87
<i>В. С. Черненко. Интероперабельность в системах автоматизированного проектирования в приборостроении</i> .....	93
<i>С. А. Кондратьев. Платформа для разработки системы информационной поддержки принятия решений на выполнение поставленных боевых задач</i> .....	96
<i>С. К. Воловцов, А. В. Смольников. Компенсационная система стабилизации морских подвижных объектов на курсе в условиях нерегулярного морского волнения</i> .....	99
<i>О. В. Третьяков, П. А. Шауб, С. В. Московкина. Кибернетические основы разработки сложных эргономических систем</i> .....	103
<i>Н. Н. Тарасов, С. К. Данилова, А. М. Кусков, И. М. Кусков. Алгоритм фильтрации с интегральными невязками для управления классом морских подвижных объектов в условиях действия возмущений</i> .....	106

## ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА, СУДОВОЖДЕНИЕ

<i>С. В. Решетняк. История развития навигационно-гидрографического обеспечения в акватории Северного морского пути. Ч. I. Становление и развитие системы НГО в арктических морях России в период 30-е –80-е годы XX века</i> .....	113
<i>И. И. Зайцев, В. С. Гагарский, А. В. Кацевский. Система обеспечения безопасной высадки и эвакуации персонала объектов морского базирования в условиях морской качки</i> .....	117

## ВЫСТАВКИ И КОНФЕРЕНЦИИ

<i>Балтика – территория эффективных решений</i> .....	121
---	-----

## ИСТОРИЯ СУДОСТРОЕНИЯ И ФЛОТА

<i>Г. А. Гребеницкова. Плавание в Италию, вошедшее в историю. К 110-летию землетрясения в Мессине и оказания помощи населению города русскими моряками</i> .....	123
--	-----

## В НТО СУДОСТРОИТЕЛЕЙ

<i>Л. А. Промыслову – 80 лет</i> .....	127
<i>Итоги IV Всероссийского отраслевого конкурса «Молодой кораблестроитель–инженер года 2018»</i> .....	127

### Главный редактор

**Э. А. Конов**, канд. техн. наук

**Зам. главного редактора**

**Д. С. Глухов**

Тел./факс: (812) 6004586

Факс: (812) 5711545

E-mail: morvest@gmail.com

www.morvest.ru

### Редакционная коллегия

**Е. А. Горин**, д-р эконом. наук

**Е. В. Игошин**, канд. техн. наук

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

**Д. В. Казунин**, д-р техн. наук

**Р. Н. Караев**, канд. техн. наук

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

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

**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 и включена

в Российский индекс научного цитирования

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

включен в перечень ведущих научных журналов и

изданий, выпускаемых в РФ, в которых должны быть

опубликованы основные научные результаты диссертаций

на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.

www.perechen.vak2.ed.gov.ru

**Подписка на журнал «Морской вестник»**

(индекс 36093) может быть оформлена по каталогу

Агентства «Роспечать» или непосредственно

в редакции журнала через издательство «Мор Вест»

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

Тираж 1000 экз. Заказ № 2203

Ответственность за содержание информационных и

рекламных материалов, а также за использование

сведений, не подлежащих публикации в открытой

печати, несут авторы и рекламодатели. Перепечатка

допускается только с разрешения редакции



### Editorial Council

#### Chairman

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

#### Co-chairman:

**V.L. Alexandrov**, President of the 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 SPMBM Malachite

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

JSC Sudpromkomplekt

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

JSC Marine Engineering Bureau SPb

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

JSC Concern Morflot

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

JSC Control Systems and Instruments

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

**V.V. Khanychev**, General Director

JSC CSRI Kurs

**E.A. Konov**, Director

JSC Publishing House Mor Vest

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

JSC SPF Meridian

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

JSC Concern Granit-Elektron

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

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

JSC Compressor

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

**I.M. Mukhutdinov**, General Director

JSC SF Almaz

**N.V. Orlov**, Chairman

St. Petersburg Marine Assembly

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

JSC Kronstadt Technologies

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

OJSC NE

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

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

JSC DB Vympel

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

JSC Concern SPA Aurora

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

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

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

PJSC Vyborg Shipyard

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

JSC Puumori-north-west

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

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

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

JSC Transtech Neva Exhibition

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

OJSC Pella

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

JSC Kanonersky Shiprepairing Yard

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

## CONTENTS

### SHIP DESIGN AND CONSTRUCTION

<i>The submarine Kronstadt was launched at the Admiralty Shipyards</i> .....	1
<b>D. E. Tsymlyakov</b> . <i>Small missile ships of the project 22800 Karakurt will join the Russian Navy</i> .....	7
<i>Pella shipyard launched the small missile ship Burya for the Russian Navy</i> .....	11
<b>V. E. Yukhnin</b> . <i>The frigates of the project 11356 for the Russian Navy: problems of their further construction</i> .....	13
<b>G. V. Egorov, V. I. Tonyuk</b> . <i>«Super-full» multipurpose dry-cargo vessels Volgo-Don max of class RSD59 of the type Pola Makariya</i> .....	17
<b>E. M. Appolonov, A. B. Vaganov, B. P. Ionov, N. V. Kalinina, Yu. P. Kuznetsov, Yu. F. Orlov</b> . <i>Prediction of icebreaker speed when moving in ridge ice</i> .....	28

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

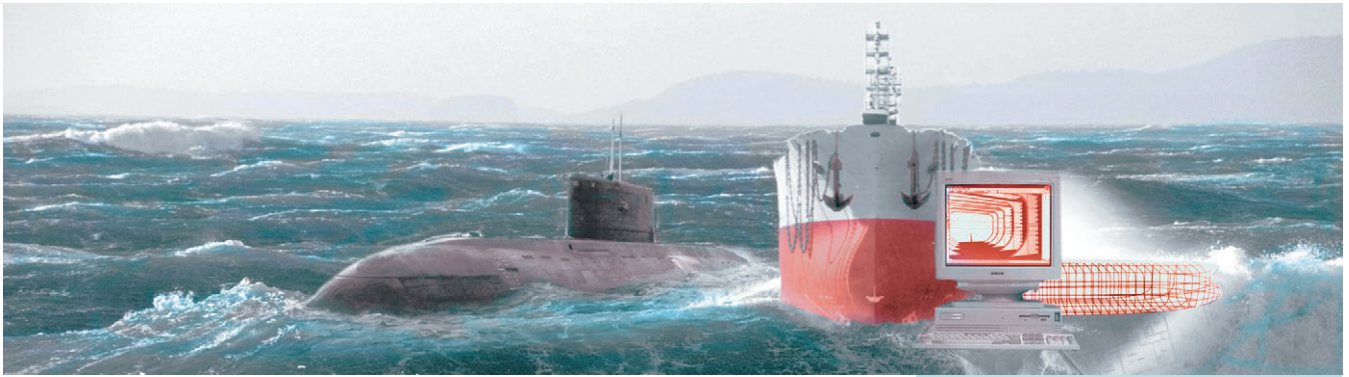
<b>I. L. Weisman</b> . <i>Accelerate the systemic improvement of the legislative and regulatory framework – the main condition for the further development of the country's economy and improving the quality of life of the population</i> .....	29
<b>A. Yu. Kutsenko, N. N. Ivanova, S. N. Sergeeva</b> . <i>Management of rights to the results of intellectual activity in JSC CRIME</i> .....	35
<b>A. V. Ivankovich</b> . <i>Development of a management system for an industrial enterprise</i> .....	40
<i>Magazine «Sudostroenie» – 120 years</i> .....	42
<b>M. A. Yermolaev</b> . <i>Industrial Revolution 4.0</i> .....	43

### SHIP POWER PLANTS AND THEIR ELEMENTS

<b>L. N. Sidorina, A. A. Chaginova</b> . <i>The Armalit machine-building plant is 140 years old</i> .....	45
<b>V. V. Dudarenko</b> . <i>On the threshold of a new energy era</i> .....	50
<b>A. A. Akhrestin, M. A. Akhrestin, P. A. Kryukov, D. V. Shamanovsky</b> . <i>Distribution of nanosecond impulse noise in ship cables</i> .....	57
<b>B. F. Dmitriev, S. Ya. Galushin, A. N. Kalmykov, O. A. Shabalina</b> . <i>Influence of the primary power source on the energy characteristics of multi-level voltage converters in the composition of the ship electric power complexes</i> .....	63
<b>L. G. Kuznetsov, Yu. L. Kuznetsov, A. V. Burakov, S. M. Tomashevsky</b> . <i>Effective systems for cleaning, drying, storing and controlling compressed air parameters for navy ships and civilian vessels</i> .....	73

### INFORMATION-MEASURING AND MANAGEMENT SYSTEMS

<b>Yu. F. Podoplyokin, V. A. Smirnov, D. V. Smirnov</b> . <i>On the question of solving the problem of individual forecasting and planning the operation of responsible-use systems under conditions of uncertainty of the initial information</i> .....	79
--	----



<b>S.A. Grunichev, Dmitry Ekimov.</b> <i>Lifting lowering devices for hydroacoustic systems</i> .....	85
<b>Yu. I. Bazarov, V. A. Atamanyuk.</b> <i>VHF range automatic data exchange system in navigation and information support of vessels in the Arctic</i> .....	87
<b>V.S. Chernenko.</b> <i>Interoperability in computer-aided design systems in instrument engineering</i> .....	93
<b>S.A. Kondrat'ev.</b> <i>Platform for developing a system of information support for decision-making for the performance of combat missions</i> .....	96
<b>S.K. Volovodov, A. V. Smol'nikov.</b> <i>Compensation system of stabilization of sea moving objects on the course in conditions of irregular sea waves</i> .....	99
<b>O. V. Tret'yakov, P.A. Shaub, S. V. Moskovkina.</b> <i>Cybernetic basis for the development of complex ergonomic systems</i> .....	103
<b>N. N. Tarasov, S.K. Danilova, A.M. Kuskov, I. M. Kuskov.</b> <i>Filtering algorithm with integral discrepancies for controlling a class of offshore moving objects under conditions of a perturbation action</i> .....	106

## OPERATION OF WATER TRANSPORT, SHIP NAVIGATION

<b>S. V. Reshetnyak.</b> <i>The history of the development of navigation and hydrographic support in the waters of the Northern Sea Route. Part I. Formation and development of the NGO system in the Arctic seas of Russia in the 30–80s of the twentieth century</i> .....	113
<b>I. I. Zaitsev, V.S. Gagarsky, A. V. Kashchevsky.</b> <i>The system for ensuring the safe disembarkation and evacuation of personnel of sea-based objects in conditions of sea rolling</i> .....	117

## EXIBITIONS AND CONFERENCES

<i>Baltika – the territory of effective solutions</i> .....	121
---	-----

## THE HISTORY OF SHIPBUILDING AND FLEET

<b>G. A. Grebenshchikova.</b> <i>Swimming to Italy, included in history. On the 110<sup>th</sup> anniversary of the earthquake in Messina and the provision of assistance to the population of the city by the Russian sailors</i> .....	123
--	-----

## IN THE SCIENTIFIC AND TECHNICAL ASSOCIATION OF SHIPBUILDERS

<i>L.A. Promyslov – 80 years</i> .....	127
<b>B. A. Barbanel.</b> <i>Results of the IV All-Russian branch competition «Young shipbuilder-engineer of the year 2018»</i> .....	127

### Editor-in-Chief

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

### Deputy Editor-in-Chief

**D.S. Glukhov**

Phone/Fax: +7 (812) 6004586

Fax: +7 (812) 5711545

E-mail: morvest@gmail.com

www.morvest.ru

### Editorial Collegium

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**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 № 2203

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

Заказчиком в лице главнокомандующего ВМФ России адмирала В. В. Чиркова была поставлена задача в максимально короткие сроки на основе отработанных технических решений создать скоростной мореходный корабль небольшого водоизмещения с мощным вооружением и отечественной энергетической установкой, способный оперировать не только в ближней морской зоне. Серия, строительство которой могло быть развернуто сразу на нескольких судостроительных заводах, способна быстро нарастить ударную мощь флота и прийти на смену ракетным катерам пр. 1241 «Молния» и МРК «дивизиона плохой погоды» пр. 1234 «Овод», чей 50-летний юбилей мы символично отметили публикацией в журнале «Морской вестник», 2017, № 1 (61).

В связи с этим неслучаен и выбор названий новых кораблей, рекомендованный каронимическим отделом НИИ Кораблестроения и вооружения ВМФ ВУНЦ «Военно-морская академия», продолжающий традицию, начатую еще в XIX в.

Концептуально «Каракурты» воспроизводят идеи, заложенные в МРК «Овод», которые Адмирал Флота Советского Союза С. Г. Горшков метко охарактеризовал, как «пистолет у виска империализма». По таким параметрам, как главные размерения, водоизмещение, скорость и основное назначение этих кораблей сопоставимы с учётом поправки на современные реалии развития вооружения и тактики его применения.

Отличительной особенностью проекта стало то, что при создании головного корабля не проводилось никаких сопутствующих опытно-конструкторских работ (ОКР). В целях ускорения процесса создания МРК заказчиками была поставлена задача использовать только серийные образцы, освоенные промышленностью. Нами применялось только то, что имеет литеры либо создано по уже завершённым ОКР Министерства промышленности и торговли России. Благодаря этому строительство новых кораблей было начато и освоено промышленностью в предельно сжатые сроки.

Говоря о ракетно-артиллерийском вооружении корабля, ни для кого уже не секрет, что МРК типа «Каракурт» оснащаются универсальными пусковыми установками, которые позволяют использовать крылатые ракеты семейства «Калибр» и «Оникс» и их экспортные аналоги (Club-N, «БраМос»). Кроме того, применяется усовершенствованная артиллерийская установка (АУ) АК-176МА, у которой за счет использования электрических приводов повышена точность стрельбы.

Первая пара «Каракуртов» – «Ураган» и «Тайфун» – вооружается ско-

## МАЛЫЕ РАКЕТНЫЕ КОРАБЛИ ПРОЕКТА 22800 «КАРАКУРТ» ПОПОЛНЯТ СОСТАВ ВМФ РОССИИ

*Д.Е. Цымляков, гл. конструктор АО «ЦМКБ «Алмаз»,  
контакт. тел. (812) 369 1144*



*Главный конструктор пр. 22800 Д.Е. Цымляков*

рострельными АУ АК-630М. Начиная со второго серийного МРК «Шквал» устанавливается зенитный ракетно-артиллерийский комплекс «Панцирь-М», чей сухопутный аналог прекрасно зарекомендовал себя во время реальных боевых действий в Сирии. В проекте используются современные комплексы радиотехнического вооружения, навигации и связи, позволяющие эффективно применять установленные комплексы оружия и обеспечивать безопасное мореплавание.

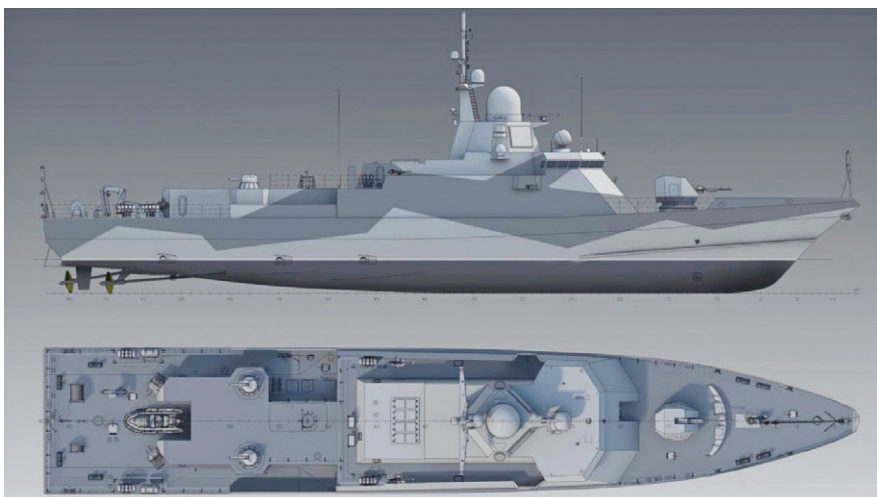
Упор при проектировании делался не только на расширение боевых возможностей нового корабля по сравнению с ракетными катерами и кораблями старых проектов, но и на улучшение обитаемости, эргономики, надежности,

снижение рабочей нагрузки на экипаж за счет увеличения степени автоматизации технических средств.

На корабле созданы комфортные условия для экипажа. Так, матросы и старшины размещаются в шестиместных кубриках, мичманы в четырехместных, офицерский состав с отдельными санузлами и душевыми в двухместных, а командир корабля – в одноместной каютах.

Все основные системы и комплексы корабля отечественного производства. Негативный опыт работы с европейскими поставщиками судового оборудования, прекратившими поставки вследствие санкций, привел в действие программу импортозамещения.

Система бытовой пресной воды с отечественной опреснительной установ-



*Головной МРК пр. 22800 (вид сбоку и сверху)*

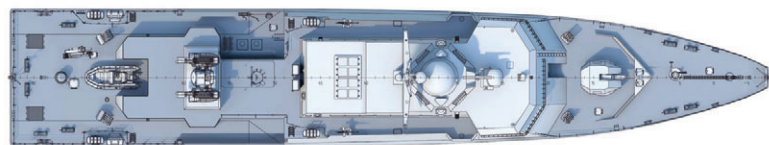
кой обеспечивает бесперебойное снабжение экипажа горячей и холодной водой при плавании на полную автономность, а система кондиционирования и вентиляции, созданная также на основе отечественного оборудования, обеспечивает комфортные условия в кубриках, каютах и на боевых постах в любых климатических зонах эксплуатации.

Нужно признать, что в проекте присутствует ряд позиций импортного оборудования. В основном это бытовое оборудование, предназначенное для обеспечения комфорта экипажа и прочая техника, не являющаяся критичной для боевого корабля и недостатка в которой не испытывается на рынке коммерчески доступных готовых изделий.

Чтобы максимально ускорить процесс проектирования, многие технические решения в области главной энергетической установки были заимствованы из проекта 1234, т. е. применялись три дизеля М507Д-1, оптимизированные под увеличение моторесурса. При этом благодаря использованию другой формы корпуса («Овод» имеет глиссирующий корпус, а «Каракурт» спроектирован с обводами переходного режима) удалось улучшить мореходность, обитаемость, решить проблемы вибрации и дополнительного сопротивления движению, связанные с большим углом наклона валов, характерным для глиссирующих корпусов.

Активная работа над пр. 22800 началась в апреле 2015 г. Сокращенный технический проект был подготовлен в течение полутора месяцев. Были получены общие характеристики корабля, определено основное оборудование, разработаны заказные ведомости, а по итогам защиты проекта было получено одобрение заказчика на продолжение работ.

Технический проект был завершён к ноябрю 2015 года: судостроительно-



**МРК пр. 22800 с ЗРАК «Панцирь-М» (вид сбоку и сверху)**

му заводу «Пелла» были выданы корпусные чертежи закладных секций. А 25 декабря 2015 года был заложен головной МРК «Ураган».

Таким образом, с момента принятия решения о начале строительства этих кораблей до выхода на испытания головного прошло всего три года. Это с учётом, что судостроители «Пеллы» до этого не имели опыта строительства боевых кораблей. Так что это своеобразный рекорд в области современного отечественного военного кораблестроения. Такие сжатые сроки стали возможны благодаря чёткой скоординированной работе Главного штаба ВМФ, Департамента обеспечения гособоронзаказа Минобороны, научно-исследовательского управления ВМФ, бюро-проектанта – АО «ЦМКБ «Алмаз», завода-строителя – ОАО «Ленинградский судостроительный завод «Пелла» и многочисленных контрагентских организаций, вовлечённых в процесс создания головного корабля, а также решительности, настойчивости и упорству лиц, прини-

мавших ответственные организационные и технические решения: главнокомандующего ВМФ В. В. Чиркова, заместителя главнокомандующего ВМФ по кораблестроению и вооружению В. И. Бурсука, начальника управления кораблестроения В. А. Тряпичникова, генерального директора ОАО «Пелла» Г. Р. Цатурова и главного конструктора проекта.

В настоящее время головной корабль «Ураган», успешно испытав на Белом море комплекс «Калибр», завершает государственные испытания на Балтике, по итогам которых будет производиться сдача корабля флоту, которая запланирована на конец текущего года. Уже сейчас можно утверждать, что головной корабль полностью оправдывает все наши конструкторские ожидания: и с точки зрения скоростных качеств, управляемости, мореходности и обитаемости.

На сегодняшний день судостроительным заводом «Пелла» на воду спущены четыре корабля – «Ураган», «Тайфун», «Шквал» и «Буря». Ещё 8 единиц строятся в Зеленодольске, Феодосии и Керчи. Кроме того, 22 августа были заключены контракты на строительство ещё шести МРК на судостроительных заводах Дальнего Востока. Сопровождение постройки кораблей одного проекта на столь разных судостроительных заводах в разных частях страны потребовало от нашей проектного бюро значительных организационных усилий.

Неожиданно самым тонким местом в программе поставок МРК оказалось производство двигателей: на текущий момент завод «Звезда» фактически не выдерживает заданный судостроительными заводами темп изготовления дизелей. Чтобы не получить срыва графика строительства, мы подготовили различные проработки с изменениями в части ГЭУ. В частности, предложен вариант с



**МРК «Штиль» пр. 12341 «Овод-1»**





*МРК «Ураган» на ходовых испытаниях*

комбинированной дизель-газотурбинной установкой на базе реверсивных газотурбинных двигателей М70ФРУ-Р производства ПАО «ОДК – Сатурн». Решение будет принимать командование военно-морского флота.

Универсальность проекта 22800 проявляется ещё и в том, что его экспортный вариант – пр. 22800Э – уже привлёк внимание иностранных заказчиков. Прорабатывается экспортный вариант с противолодочными возможностями на его базе. Традиционно интерес к нашей военно-морской технике проявляют такие партнёры по военно-техническому сотрудничеству, как Индия и Вьетнам. Кроме того, мы рассчитываем на интерес Индонезии, Алжира, стран Персидского залива.

Конечный состав вооружения и оборудования экспортной модификации корабля будет зависеть от конкретных требований инозаказчика, но уже на данном этапе мы предусмотрели возможность размещения различных комплексов радиотехнического вооружения и внутренней связи. В части ГЭУ сделаны проработки с дизельными двигателями CHD622V20, MTU 20V4000 и MAN VP185. По нашим расчётам, трёхвальная установка сможет обеспечить несколько меньшую, а двухвальная со спарками этих двигателей сравнимую скорость с вариантом, оснащённым дизелями отечественного производства.

Говоря о ракетном оружии, естественно, экспортные «Каракурты-Э» бу-

дут вооружены теми ракетами, которые не нарушают существующие международные договоры и нормы. Благо, что универсальность корабельных пусковых установок позволяет предложить некоторый спектр возможностей в части управляемого ракетного оружия.

Время показало правильность выбранной стратегии создания корабля. Его комплектование отработанными и положительно зарекомендовавшими себя образцами вооружения, привлечение конструкторского бюро с богатым опытом создания боевых ударных кораблей небольшого водоизмещения, а также динамично развивающейся негосударственной верфи позволило в короткие сроки получить устраивающий заказчика результат. ■



*МРК «Ураган», «Тайфун» и «Шквал» у достроечной набережной ОАО «Пелла»*

**23** октября на новой площадке судостроительного комплекса ОАО «Пелла» состоялась торжественная церемония спуска на воду очередного серийного малого ракетного корабля (МРК) «Буря» пр. 22800 «Каракурт». В торжественной церемонии спуска МРК «Буря» приняли участие представители Главного командования ВМФ России, Департамента государственного оборонного заказа Минобороны РФ, судостроители, а также руководители проектно-конструкторских организаций.



На митинге, посвященном спуску, заместитель начальника Управления кораблестроения ВМФ РФ капитан 1 ранга М.М. Краснопеев от имени командования ВМФ поблагодарил коллектив предприятия: «В этот знаменательный день разрешите от имени Главнокомандующего ВМФ России адмирала Владимира Королева высказать слова благодарности заводчанам за создание еще одного корабля этой серии. Выражаю уверенность, что принятый темп строительства позволит в следующем году вывести корабль на заводские и ходовые испытания, а в 2020 г. передать военным морякам».

Заместитель генерального директора ОАО «Пелла» С.А. Кухтик, выступая на митинге, сообщил: «Строительство кораб-

## СУДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД «ПЕЛЛА» СПУСТИЛ НА ВОДУ МАЛЫЙ РАКЕТНЫЙ КОРАБЛЬ «БУРЯ» ДЛЯ ВМФ РОССИИ

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



ля ведется в соответствии с графиком, он будет своевременно передан ВМФ РФ».

Закладка третьего серийного МРК «Буря» состоялась в декабре 2016 г. В настоящее время завод «Пелла» ведет постройку трех кораблей проекта: «Ураган», «Тайфун» и «Шквал». Корабли пр. 22800 «Каракурт» были разработаны специалистами Центрального морского конструкторского бюро «Алмаз» (главный конструктор – Д.Е. Цымяков).

Строительство крупной серии (18 ед.) МРК пр. 22800 «Каракурт» ве-

дется в соответствии с Государственной программой военного кораблестроения с целью обновления надводной составляющей ВМФ носителями высокоточного ракетного оружия. Главное предназначение «Каракуртов» – ведение боевых действий в ближней морской зоне, а также участие в выполнении широкого круга задач в мирное и военное время как самостоятельно, так и во взаимодействии с другими силами флота.

Корабли данного проекта отличает повышенная мореходность и высокая маневренность. Архитектура надстроек и корпуса спроектирована с учетом малозаметности (технологии «стелс»). Главное оружие кораблей этого проекта – ударный ракетный комплекс «Калибр».

Головной корабль проекта – «Ураган» – в сентябре 2018 г. начал государственные испытания, в конце года ожидается его вступление в состав Балтийского флота. ■

### Основные тактико-технические характеристики МРК пр. 22800

Водоизмещение, т .....	ок. 800
Длина, м .....	ок. 67
Ширина, м .....	ок. 11
Скорость полного хода, уз .....	до 30
Дальность плавания, мили.....	ок. 2500
Вооружение:.....	
ракетный комплекс «Калибр-НК», боекомплект ракет.....	8
универсальная 76-мм артиллерийская установка АК-176МА, комплект.....	1
зенитный ракетно-артиллерийский комплекс «Пандирь-М», комплект.....	1
Главная энергетическая установка.....	дизельная



На церемонии спуска (слева направо) заместитель начальника Управления кораблестроения ВМФ Российской Федерации капитан 1 ранга М. М. Краснопеев, заместитель генерального директора ОАО «Пелла» С. А. Кухтик, крестная мама корабля В. В. Кочеткова, главный советник президента ОСК по военному кораблестроению В. В. Чирков, начальник Управления Департамента Министерства обороны Российской Федерации по обеспечению государственного оборонного заказа капитан 1 ранга П. Г. Печковский, главный инженер АО «ЦМКБ «Алмаз» К. Г. Голубев

Сторожевые корабли пр. 11356 предназначены для ведения боевых действий в океанских и морских районах как самостоятельно, так и в составе соединения.

Водоизмещение и мореходные качества этих кораблей позволяют им находиться в любой точке Мирового океана, за исключением районов, куда проникают только ледоколы. Данное заключение – не красивые слова. Оно проверено и доказано практикой мореплавания. Предшественники кораблей пр. 11356: 21 корабль пр. 1135 (шифр «Буревестник»); 11 кораблей пр. 1135М (шифр «Буревестник-М») и 7 корпусов пр. 11351 (шифр «Нерей») не раз бывали в сложных погодных условиях.

Наиболее объективной оценкой этих кораблей является наличие у ВМС Индии шести единиц подобного проекта.

В пр. 11356 для ВМС Индии был учтен опыт эксплуатации советских кораблей: усилен корпус, незначительно изменены главные размерения, а также значительно изменен состав вооружения, что сделало эти корабли более современными.

Во время перехода к месту постоянного базирования один из кораблей этого проекта попал в «ревущих сороковых» в 7–8-балльный шторм. Корабль все выдержал. Как рассказывают очевидцы, индийский экипаж молился на создателей корабля.

К 2008 г. руководство ВМФ пришло к осознанию того факта, что океанский надводный флот стареет и быстро сокращается со скрипом. Поэтому Главнокомандующим ВМФ РФ В. Высоцким в августе 2009 г. было утверждено решение о создании шести заказов пр. 11356 для ВМФ РФ на базе кораблей для ВМС Индии.



СКР «Адмирал Макаров» пр. 11356

\*Первый корабль (зав. № 01357) «Адмирал Григорович» заложен 18 декабря 2010 г., спущен 14 марта 2014 г., подписан приемный акт 10 марта 2016 г. Второй корабль (зав. № 01358) «Адмирал Эссен» заложен 8 июля 2011 г., спущен 07 ноября 2014 г., подписан приемный акт 31 мая 2016 г. Третий корабль (зав. № 01359) «Адмирал Макаров» заложен 29 февраля 2012 г., спущен 07 ноября 2014 г., подписан приемный акт 27 декабря 2017 г. Четвертый корабль (зав. № 01360) «Адмирал Бутаков» заложен 12 июля 2013 г., спущен 02 марта 2016 г. Пятый корабль зав. № 01361 «Адмирал Истомин» заложен 15 ноября 2013 г. Строительство шестого корабля (зав. № 01362) «Адмирал Корнилов» в связи с уведомлением зам. министра обороны РФ Ю. Борисова от 21.02.2015 г. прекращено.

## СТОРОЖЕВЫЕ КОРАБЛИ ПРОЕКТА 11356 ДЛЯ ВМФ РОССИИ: ПРОБЛЕМЫ ИХ ДАЛЬНЕЙШЕГО СТРОИТЕЛЬСТВА

**В.Е. Юшин**, д-р техн. наук, проф.,  
советник ген. директора АО «Северное ПКБ»,  
контакт. тел. (812) 936 7132, 784 7674



СКР «Адмирал Григорович» пр. 11356

Так называемая «адмиральская» серия сторожевых кораблей\* призвана восполнить состав Черноморского флота в 2016 г.

Плюсы подобного решения очевидны – флот за короткое время и сравнительно небольшую цену должен был получить корабли, которые компенсировали бы естественную убыль корабельного состава океанской зоны. Наличие на борту ударного комплекса «Калибр» существенно увеличивало «вес» проекта, придавая ему новое качество.

Состав вооружения кораблей этого проекта обеспечивает надежную защиту наших границ на южном фланге соприкосновения с силами НАТО.

Один год был потерян в связи с организацией конкурса между судостроительными структурами. Контракт Министерства обороны с АО «ПСЗ Янтарь» на строительство трех кораблей для отечественного флота был заключен в сентябре 2010 г. Контрактная стоимость была фиксированной (твердая цена) и не имела ничего общего с реальностью. Президент ОСК В. Троценко, лично уточнявший цифры, рассчитывал компенсировать разницу дальнейшими контрактами по договоренности с представителями Министерства обороны, но этого не произошло. Стоимость контракта для АО «ПСЗ Янтарь» стала убыточной.

Корабли этой серии оснащены ГЭУ, которые изготавливались на Украине в Николаеве. Поэтому три последних агрегата из шести, предварительно полностью оплаченные в 2014 г., так и не были получены от АО «Зоря-Машпроект» в связи с известными обстоятельствами. Необходимо было изготовить агрегаты на своей территории. ПАО «Саптурн» выполнило свои обязательства по импортозамещению, газовая турбина разработана и испытана. Тем не менее необходим агрегат, состоящий из турбин и редукторов. Схема создания такого агрегата сформулирована еще в 2016 г., выполнены и представлены расчетно-калькуляционные материалы, выбраны исполнители, но воз и ныне там. Более того, стоимость ОКР может быть «размазана» по серийным заказам. Даже после этого стоимость «единицы» будет значительно меньше стоимости строящихся кораблей по пр. 20385 и пр. 20386.

Получается парадоксальная ситуация: с одной стороны, руководители ратуют за снижение стоимости заказов, с другой реализуют проекты в разы дороже. Наличие же собственных агрегатов позволит отечественной промышленности успешно конкурировать на мировых рынках, выступать в роли строителей таких кораблей, что более привлекательно. ■

**В**ведение. Всегда интересно сравнивать работу судов разных проектов в одних и тех же условиях. Это позволяет достаточно объективно увидеть их отличия. Можно вспомнить, как винтовой фрегат «Принстон» на испытаниях отбуксировал своего колесного собрата «Грейт Уэстерн». На одной и той же линии, в одинаковых путевых условиях и с одним и тем же грузом работают сухогрузное судно пр. RSD49, спроектированное на основе обводов классической танкерной серии ООО «Морское инженерное бюро-СПб» типа «Армада», и «сверхполное» сухогрузное судно пр. RSD59, выполненное на основе корпуса танкера RST27. При этом судно пр. RSD59 по своим характеристикам (в особенности, по грузоподъемности и управляемости) намного превзошел своего предшественника (рис. 1).

*Цель статьи* – обоснование «Морским инженерным бюро» параметров и особенностей многоцелевых сухогрузных судов «Волго-Дон макс» класса новой (2018 г.) серии пр. RSD59 типа «Пола Макария».

Почему «Волго-Дон макс» класс? Дело в том, что 62% от общего количества новых (построенных в XXI в.) грузовых самоходных судов смешанного река-море и внутреннего плавания, а также морских ограниченных районов плавания являются суда «Волго-Дон макс» класса, отвечающие габаритам Волго-Донского судоходного канала (ВДСК) и предназначенные для замены известных советских серий «Волгофетей» и «Волго-Донов», т.е. универсальные по своим размерам для работы на европейской части внутренних водных путей России.

Они имеют максимально возможную для реки характерную осадку 3,60 м, грузоподъемность – около 4700–5500 т, при этом грузоподъемность при максимальной осадке составляет около 7000–8000 т. Удовлетворение габаритам ВДСК позволяет использовать такие суда практически по всей единой глубоководной системе внутренних водных путей (ЕГСВВП) бывшего СССР.

При этом сухогрузных судов «Волго-Дон макс» класса было поставлено 58 ед. Из них 53 – по проектам «Морского инженерного бюро» – это известные серии типа «Гейдар Алиев» пр. 006RSD05 [1], типа «Нева-Лидер» пр. RSD49 [7], типа «Хазар» пр. RSD19 [2], «Танаис» пр. 006RSD02 и «Мервинг» пр. 007RSD07 [3], спроектированные на основе обводов классической танкерной серии бюро типа «Армада». Помимо сухогрузных аналогов «Армад» в классе «Волго-Дон макс» были построены суда типа «Герои Сталинграда» пр. RSD44 [6] и типа «Челси» пр. 005RSD06 [4].

На заводах на разных стадиях строительства находится 21 судно «Волго-

## «СВЕРХПОЛНЫЕ» МНОГОЦЕЛЕВЫЕ СУХОГРУЗНЫЕ СУДА «ВОЛГО-ДОН МАКС» КЛАССА ПРОЕКТА RSD59 ТИПА «ПОЛА МАКАРИЯ»

*Г.В. Егоров, д-р техн. наук, проф, ген. директор,  
В.И. Тонюк, гл. конструктор,  
ООО «Морское Инженерное бюро-СПб»,  
контакт. тел. (812) 232 8538, office@mebspb.com*



Рис. 1. Судно «Пола Макария» в работе

Дон макс» класса. В ближайшие год-два новых сухогрузных судов этого класса будет уже около 80.

Конкурентами нового флота, безусловно, являются суда советской постройки. Сейчас в работе находятся примерно 879 ед., построенных до 1999 г. сухогрузных самоходных судов смешанного, внутреннего и ограниченного морского плавания самых известных серий со средним возрастом 37,6 лет (из них с флагом России – 645). В отстое – 151 судно со средним возрастом 41,2 года.

Анализ статистических закономерностей списания флота показал, что на 2020 г. будет в работе примерно 623 судна, на 2025 г. – примерно 276 самоходных сухогрузных судов классических серий, построенных до 2000 г., или 32% от сегодняшнего уровня.

Таким образом, к 2022 г. можно ожидать существенного снижения предложения флота сухогрузных судов смешанного река-море и ограниченного морского плавания и, соответственно, рост ставок на перевозки грузов примерно в два раза (по оценке, тайм-чартерный эквивалент на 2022 г. составит примерно 9–10 тыс. долл.), что вполне обоснованно позволяет финансировать постройку новых судов этого типа сейчас.

При этом активнее всего списываются суда «трехтысячники» («Волго-Балты», «Сормовские» со средним воз-

растом при списании 37,1 года), а также «двухтысячники» (списано 108 из 141, или 77% со средним возрастом при списании 36,7 лет) и типа СТ, СТК (списано 54 из 163, или 33% со средним возрастом при списании 26,7 лет!).

На сегодняшний день из 119 сухогрузных судов типа «Волго-Дон» пр. 507, 507А, 507Б (строились в 1960–1980 гг.) списано 39% (46 ед.), причем 4 были утрачены в катастрофах, а сданы на металлолом 42 со средним возрастом 37,8 лет. Основной график списания судов имеет линейный характер. Суда сейчас работают, как правило, на реке. Однако в 2017 г. было списано сразу 9 судов, что является признаком физического старения корпуса, так как сам тип таких судов востребован на рынке.

Из 108 сухогрузных судов типа «Волго-Дон» пр. 1565 (строились в 1968–1990 гг.) списано 17% (18 ед.), причем 5 были утрачены в катастрофах, а сданы на металлолом 13 со средним возрастом 34,7 года.

*Сухогрузные суда типа «Волго-Дон»/«Волжский» списываются только обоснованно по техническим причинам, что говорит об их востребованности рынком.*

В целом суда типа «Волго-Дон»/«Волжский» были и есть «рабочими лошадками» отечественного водного транспорта, успешно перевозят значительную часть навалочных грузов, в том числе экспортных, на рейдовые пере-

## Прогноз выбытия судов типа «Волго-Дон»/«Волжский»

Проект	Прогнозируемый год выбытия серии	Остаточный ресурс, число лет	Кол-во действующих судов на 2017 г., ед.	Прогноз количества судов на 2020 г., ед.	Прогноз количества судов на 2025 г., ед.
«Волго-Дон» (пр. 507А, 507Б)	2030	13,0	51	38	14
«Волго-Дон» (пр. 1565)	2034	17,0	81	70	56
«Волжский» (пр. 05074)	2036	19,0	47	40	27
Всего			179	148	97

валочные комплексы. До появления в 2010 г. судов пр. RSD44 [6] они были самыми большими в мире речными сухогрузными судами и полностью соответствовали поставленным при проектировании задачам.

Однако средний возраст находящихся в работе сухогрузных судов типа «Волго-Дон» пр. 1565 уже составляет 39,5 лет, проектов 507, 507А, 507Б – 42 года, пр. 05074 – 27,2 года. Безусловно, такой солидный возраст грузовых судов, активно эксплуатирующихся как в морских ограниченных районах, так и на внутренних водных путях, не может не оказать влияния на надежность их корпусов, устройств, систем и, соответственно, не раз уже приводил к авариям.

Если не брать во внимание нарастающие проблемы в техническом состоянии, то, исходя из статистически определенных закономерностей списания по каждому проекту, из 179 сухогрузных судов типа «Волго-Дон»/«Волжский» к 2020 г. останется 148, к 2025 г. – 97 (табл. 1).

Однако, скорее всего, эти оценки оптимистичны, так как потребуются значительное увеличение финансирования на ремонт этих судов, включая замены машин и механизмов, что пока еще не делается.

*Поскольку суда-«трехтысячники» списываются еще быстрее, для сохранения существующего грузооборота требуются новые сухогрузные суда, в первую очередь «Волго-Дон макс» класса как имеющие большую грузоподъемность.*

**Инновации – «сверхполнота».** Сегодня наиболее заметна в водотранспортной отрасли массовая постройка необычных для всей практики мирового судостроения «сверхполных» танкеров смешанного река-море плавания пр. RST27 и созданных на их базе комбинированных судов (танкеров-площадок) пр. RST54, танкеров-химовозов проектов RST27М и RST12С [5, 10].

Действительно, трудно не заметить, как с 2012 г. были поставлены 54 судна этих проектов. Такие темпы и такая массовая серия были характерны для лучших периодов советского судостроения, и это, конечно, очень достойно для сегодняшнего дня.

Британское Королевское общество корабельных инженеров RINA в число лучших судов года в мире дважды включало «сверхполные» суда пр. RST27 (Significant Ships of 2012 и Significant Ships of 2013), что само по себе случается очень редко, в 2014 г. пр. RST54 (Significant Ships of 2014), и в 2017 г. пр. RST27М (Significant Ships of 2017)..

В 2010 г. теоретически было доказано, что для типичных для судна смешанного река-море плавания скоростях 10 уз влияние коэффициента полноты (для диапазона 0,88...0,93) незначительно [5]. Вывод был принципиально важен и означал, что можно увеличивать коэффициент общей полноты для судов смешанного река-море плавания до 0,932. Это и позволило дать «старт» проекту RST27 танкера «Волго-Дон макс» класса со «сверхполными» обводами, цилиндрической средней частью, бульбообразной носовой оконечностью и с двумя винтами фиксированного шага в насадках (полноповоротные ВРК в полутоннелях) [10].

И это было не случайно, так как экономика перевозки нефтепродуктов на судах смешанного река-море плавания примерно до 2016 г. была существенно лучше, чем на сухогрузах. Косвенно, это подтверждается тем, что был постро-

ен 161 новый танкер «Волго-Дон макс» класса (в 2,8 раза больше!).

Сухогрузное судно «Пола Макария» (пр. RSD59) было первым со «сверхполными» обводами (рис. 2).

В итоге, дедвейт новых судов пр. RSD59 (на примере серийного судна «Пола Фива») по сравнению с лучшим из ранее построенных сухогрузов «Волго-Дон макс» класса пр. RSD49 [7] составляет:

- в реке при осадке 3,60 м – 5320 т (у судов пр. RSD49 – 4507 т), что больше на 813 т;
- при осадке 4,20 м – 6944 т (у судов пр. RSD49 – 6021 т), что больше на 923 т;
- при максимальной осадке 4,706 м – 8144 т (у судов пр. RSD49 при максимальной осадке 4,70 м – 7143 т), что больше на 1000 т.

**«Длинный» трюм.** Известная волатильность фрахта на сухогрузном рынке подвигла судовладельцев использовать все возможные способы увеличения доходности от работы судов. Особое место при этом отводится нестандартным, негабаритным грузам [9]. Можно сказать, что именно такие «немассовые» грузы, появление которых на рынке происходит сугубо по своим законам, заметно улучшают экономические показатели современных сухогрузных судов, таких как, например, «Каспиан Экспрессы» пр. 003RSD04 с одним трюмом длиной 59 м (рис. 3) и «Нева-Лидер» пр. RSD49 со вторым (из трех) трюмом длиной 52 м.

Крупногабаритные тяжеловесные грузы (КТГ) – это все грузы, превышающие габариты, допустимые для перевозки по железной дороге или (и) имеющие массу более 35 т. КТГ – это плавсредства, тяжелая техника, самолеты, турбины, генераторы, двигатели, реакторы, элементы промышленного оборудования, элементы буровых платформ, цистерны, трубы большого диаметра,



Рис. 2. Сверхполный корпус судна пр. RSD59 после спуска



Рис. 3. Трюм для негабаритных грузов

кабельные барабаны и другие нестандартные продукты машиностроения и строительные конструкции, иногда совершенно уникальные, такие как основания для памятников и сами памятники.

Семь многоцелевых сухогрузных судов пр. RSD49 типа «Нева-Лидер» Северо-Западного пароходства с конца 2012 г. выполнили 14 рейсов с негабаритным оборудованием, а с января по сентябрь 2014 г. – 7 рейсов с оборудованием из портов Южной и Северной Европы на Каспий, в Поволжье, Санкт-Петербург.

Преемником пр. RSD49 стал новый сухогрузный пр. RSD59, который выполнен в «сверхполных» обводах уже с двумя сухогрузными трюмами, один из которых имеет рекордную для «Волго-Дон макса» длину 77 м.

Преимущества пр. RSD59 (рис. 4 и рис. 5):

- наличие длинного трюма  $L = 77,35$  м (на судне пр. RSD49  $L = 52$  м), позволяющего перевозить КТГ, что актуально для рынка стран Каспийского региона;
- высота трюма больше на 620 мм (9000 мм), чем на судне пр. RSD49, что позволяет перевозить контейнеры высотой до 9,6 футов – «high cube containers» (3 таких контейнера в высоту);
- длинный трюм позволяет перевозить генеральные грузы с минимальными потерями площади и, соответственно, лучше использовать объем трюма.

**Перевозка зерна и других грузов.** Суда серии RSD59 могут использовать

ся для транспортировки генеральных, навалочных, контейнерных, лесных, зерновых и крупногабаритных грузов, опасных грузов классов 1.4S, 2, 3, 4, 5, 6.1, 8, 9 МК МПОГ и Приложения В Кодекса ВС в Каспийском море, а также в Средиземном, Черном, Балтийском, Белом, Северном морях, включая рейсы вокруг Европы и в Ирландское море зимой.

Вместимость грузовых трюмов – 11 292 м<sup>3</sup>. Оба трюма выполнены ящичной формы, гладкостенные, удобные для проведения грузовых работ и размещения груза без штивки. Размеры (длина×ширина×высота): 77,35×12,24×9,0 м (рис. 6) и 27,03×12,24×9,0 м.

Для перевозки сухих грузов, опасных сухим смещением, например, зерновых, применяется всего лишь одна съемная переборка (рис. 7). Местоположение этого устройства было определено моделированием загрузок зерном с целью минимизации количества переборок (на других судах такого типа требуются, как правило, не одна, а две съемные переборки) и уменьшением прогиба с выполнением требований по остойчивости при перевозке зерна.

**Люковые закрытия съемного типа.** Новый концепт учитывал накопленный опыт применения других проектов бюро, таких как суда типа «Карелия» пр. 005RSD03 [8], «Мервинг» пр. 007RSD07 [3].

Поэтому были установлены люковые закрытия съемного типа. Открывание и закрывание каждой секции осуществляется при помощи специального козлового крана, который по-прежнему располагается в районе носовой переборки жилой надстройки.

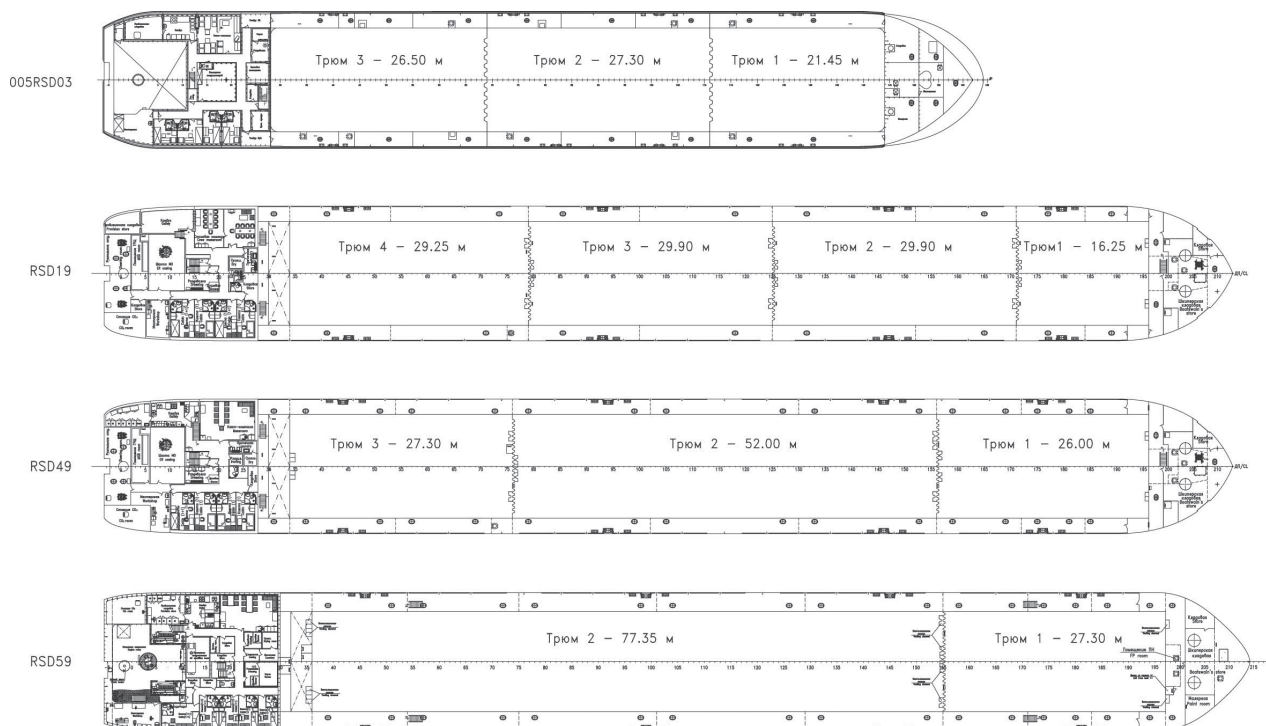


Рис. 4. Изменение длин трюмов на новых судах проекта «Морского инженерного бюро» (от 27,3 м до 77,35 м) (вид сверху)

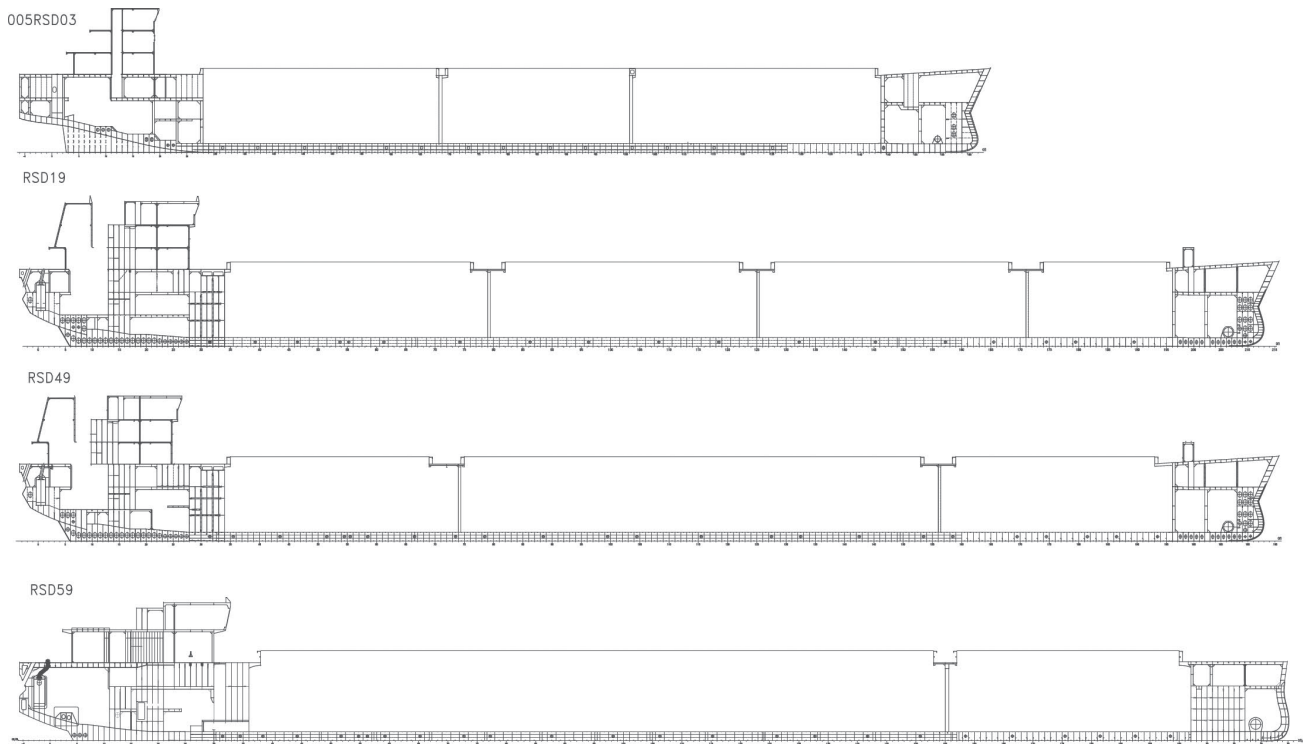


Рис. 5. Изменение компоновки трюмов на новых судах проекта «Морского инженерного бюро» (вид сбоку)



Рис. 6. Погрузка груза в длинный трюм судна пр. RSD59

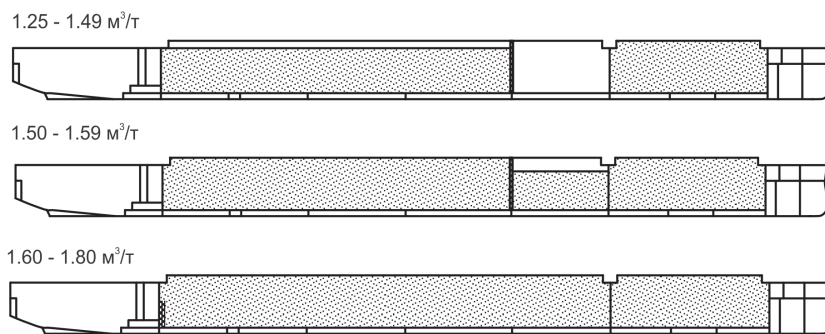


Рис. 7. Схема размещения сдвигаемого груза на судне пр. RSD59 в зависимости от удельного погрузочного объема (УПО) зерна

Применение такого типа люковых закрытий позволило снизить их массу и строительную стоимость, упростить применение и техническую эксплуатацию (рис. 8).

Как показал опыт работы новых судов пр. RSD59, подобные люковые закрытия позволяют открывать ту часть грузового пространства, которая необходима именно в текущий момент (это важно при работе, например, с зерном, в условиях переменной погоды). Кроме того, съемные люковые закрытия вполне работоспособны в условиях рейдовых перевалочных комплексов, что успешно продемонстрировало головное судно (см. рис. 1).

Прочность люковых закрытий достаточна для размещения на них лесных грузов или одного яруса контейнеров максимальной массы.

**Винторулевые колонки (ВРК).** Движение и управляемость обеспечиваются двумя полноповоротными ВРК (рис. 9), что улучшает маневренность



Рис. 8. Кран и люковые закрытия. Автор фото Георгий Мешков



Рис. 9. Полнооборотные винторулевые колонки на судне пр. RSD59

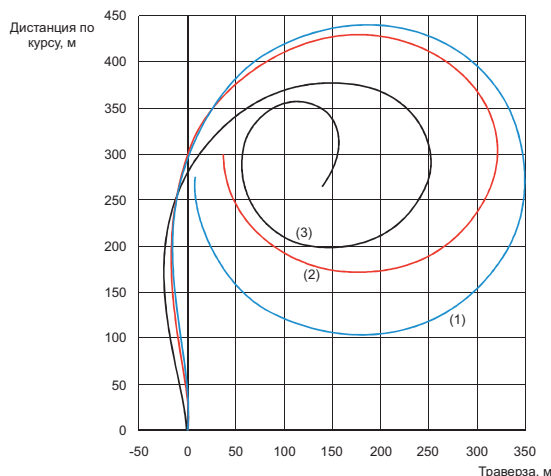


Рис. 10. Маневр циркуляции судов «Волго-Дон макс» класса с обычной пропульсивностью и рулями (кривая 1) и с ВПК (2 – при развороте обеих ВПК на 35° и 3 – при развороте одной ВПК на 45°, а второй на 90°)

(рис. 10) в узкостях и сложных условиях швартовки (см. введение).

На рис 10 показана схема маневра циркуляции судов «Волго-Дон макс» класса с обычной пропульсивностью и рулями.

Кривые отражают траектории движения судов во время маневренных испытаний. Испытания проводились в балласте. Как видно, при развороте

ВПК на большие углы обеспечивается лучшая маневренность судна. По мере снижения скорости движения судна преимущество ВПК возрастает, вплоть до самого малого хода (< 3 уз), когда судно с рулями становится практически неуправляемым, а ВПК позволяют осуществить разворот судна на месте.

Особенно эффективно использование ВПК при эксплуатации судна

на внутренних водных путях, когда при прохождении узкостей и многочисленных поворотов реки судно не может двигаться с максимальной скоростью и эффективность рулей падает, что приводит к необходимости еще больше снижать скорость. При этом судно, оборудованное ВПК, может пройти тот же самый участок пути за меньшее время.

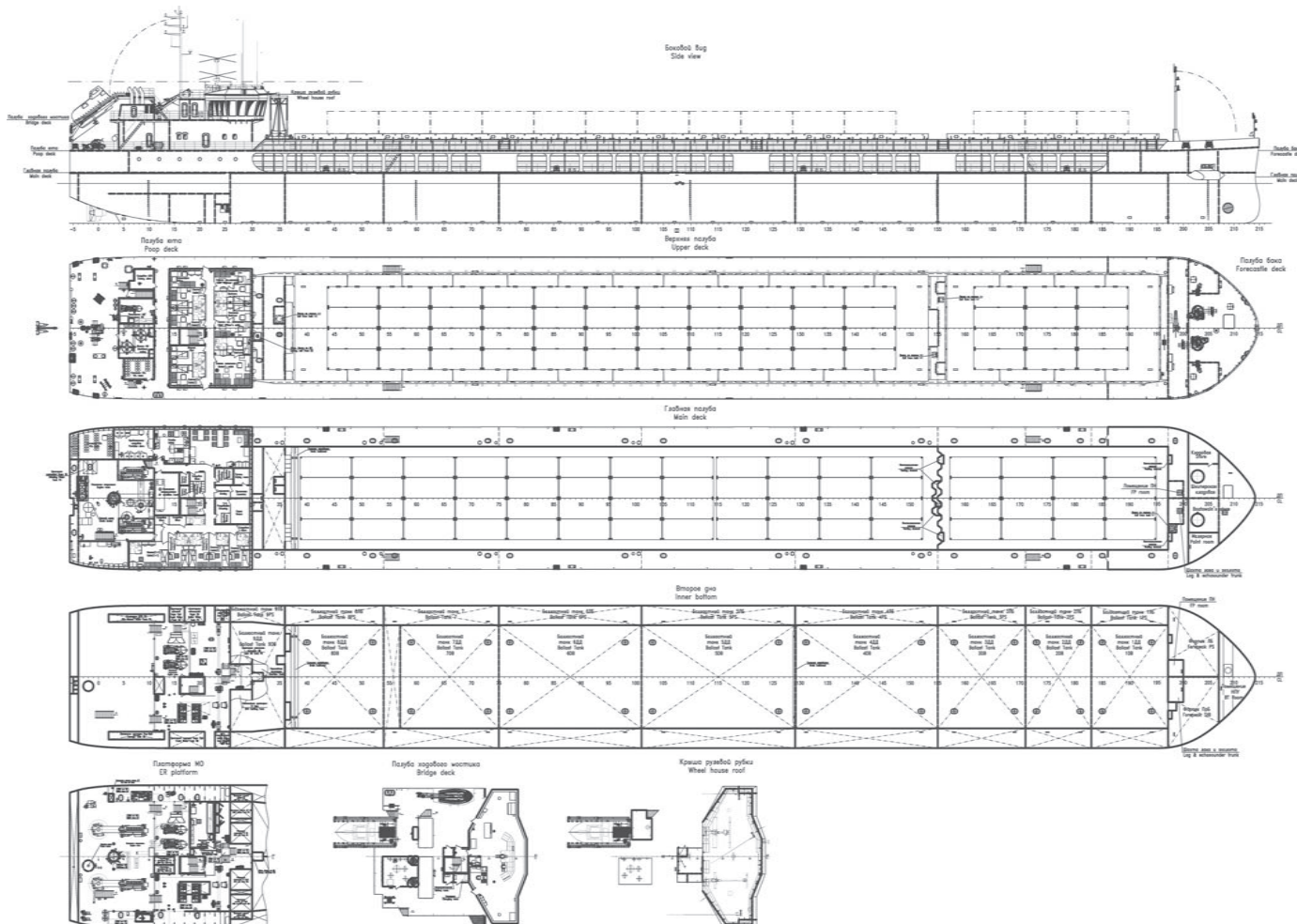


Рис. 11. Общее расположение многоцелевого сухогрузного судна пр. RSD59



**Архитектурно-конструктивный тип судна пр. RSD59.** Это – стальной однопалубный, двухтрюмный теплоход, с двумя полноповоротными винто-рулевыми колонками, с баком и ютом, с кормовым расположением жилой рубки и машинного отделения, с двойным дном высотой 980 мм и двойными бортами шириной 2330 мм в районе грузовых трюмов, с цилиндрической носовой и транцевой кормовой оконечностью с полутоннелями и скегом, с люковыми закрытиями съемного типа, с носовым подруливающим устройством (рис. 11).

Теоретический корпус судна имеет цилиндрическую вставку протяженностью 0,68 L. Специальная форма кормовой оконечности оптимизирована под размещение ВРК. Движение и управляемость судна обеспечивается двумя кормовыми полноповоротными ВРК с винтами фиксированного шага диаметром 1900 мм в насадках. Привод к ВРК от главных дизелей осуществляется через механическую Z-передачу.

В носовой оконечности с высоким и развитым по длине баком расположены форпик, шахта лага и эхолота, шкиперская, станция гидравлики, малярная, палубная кладовая, а также носовое подруливающее устройство мощностью 230 кВт.

В кормовой оконечности судна расположены МО и развитая высокая надстройка юта. Двухъярусная кормовая рубка со служебными и жилыми помещениями для размещения экипажа численностью 11 чел. (14 мест + лоцман) спроектирована с учетом обеспечения ограниченного надводного габарита судна (13,8 м при осадке 3,00 м).

Применение продольной системы набора палуб, бортов и днища в средней части в сочетании с увеличением поперечной шпации и одновременном уменьшении шпации продольного набора обеспечило более полное участие пластин корпуса в общем изгибе и лучшее восприятие локальных нагрузок при швартовках, сохранение приемлемого внешнего вида.

Расчетный срок службы корпуса судна – 24 года. В качестве материала основных конструкций корпуса применяется судостроительная сталь категорий РСД32 и РСА. Верхняя часть непрерывных продольных комингсов люков и верхняя палуба выполняются из судостроительной стали категории РСД40 с пределом текучести 395 МПа. Элементы конструкций палуб бака и юта, жилая надстройка выполняются из стали категории РСА.

Корпус судна спроектирован на класс Ice 2, который предполагает ре-

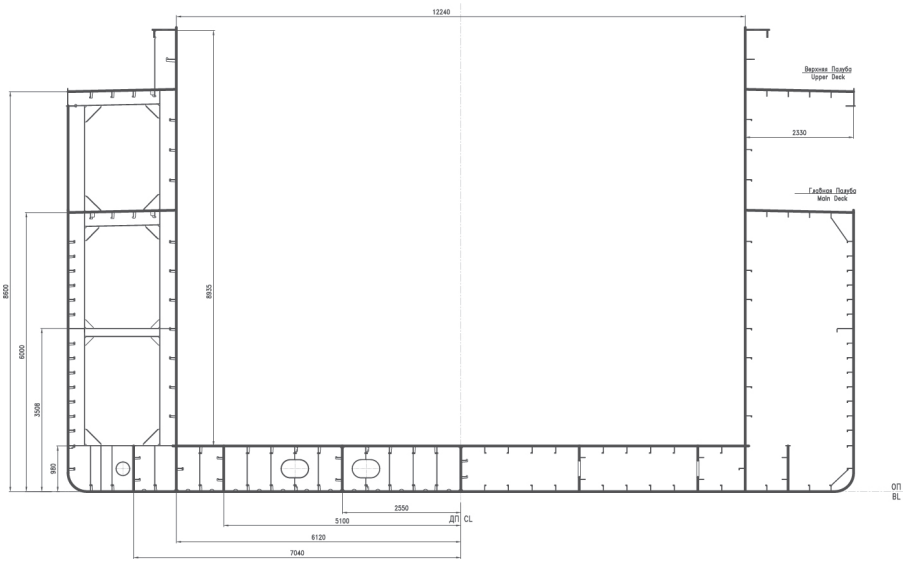


Рис. 12. Схема мидель-шпангоута многоцелевого сухогрузного судна пр. RSD59

гулярное круглогодичное плавание в замерзающих неарктических морях (самостоятельное плавание в мелкобитом разреженном льду толщиной 0,55 м со скоростью 5 уз; плавание в канале за ледоколом в сплошном льду толщиной 0,50 м со скоростью 3 уз).

Корпус имеет двойное дно высотой 980 мм, двойные борта шириной 2330 мм, верхнюю палубу с шириной раскрытия 0,724В, непрерывные продольные комингсы грузовых люков высотой 3930 мм с прочным палубным стрингером комингса люка, расположенным на высоте 2600 мм над главной палубой и переходящим в носу в палубу бака, а в районе машинного отделения – в палубу юта.

Поперечная шпация в средней части судна – 650 мм, в оконечностях – 600 мм. В грузовой зоне флоры и рамные шпангоуты установлены на каждой третьей шпации. Шпация продольного набора в двойном дне – 510 мм и в двойных бортах – 625 мм.

Продольные комингсы грузового трюма установлены в плоскости продольных переборок трюма. За счет применения высоких непрерывных комингсов люков удалось обеспечить повышение стандарта общей прочности при увеличении грузоподъемности в море и грузовместимости. Поперечная переборка между трюмами выполнена гофрированной. Верхняя и главная палубы, днище и второе дно, борт и второй борт выполняются по продольной системе набора, в оконечностях и машинном отделении – по поперечной системе набора. Второе дно рассчитано на интенсивность распределенной нагрузки 12,0 т/м<sup>2</sup>, а также на работу грейфером. Схема мидель-шпангоута судна приведена на рис. 12.

В качестве главных двигателей используются два среднеоборотных

дизеля мощностью 1200 кВт каждый, работающих на тяжелом топливе вязкостью до 380 сСт. Запасы тяжелого топлива размещаются в диптанках в районе носовой переборки МО, отделенных от забортной воды двойными дном и бортами. Автономность плавания в море составляет 20 сут.

Электроэнергетическая установка сухогруза состоит из двух основных дизель-генераторов фирмы электрической мощностью по 332 кВт каждый и одного аварийного дизель-генератора электрической мощностью 90 кВт.

Спуск и подъем носовых и кормового якорей выполняется якорно-швартовными лебедками.

В качестве спасательных средств используется спасательная свободнопадающая шлюпка вместимостью 16 чел., спускаемая устройством гравитационного типа с гидравлической шлюпочной лебедкой контролируемым спуском либо методом свободного падения, а также два плота вместимостью по 16 чел. каждый и один плот вместимостью 6 чел., установленный в районе носовой оконечности.

Состав средств связи предусмотрен в объеме требований Глобальной морской системы связи при бедствии и для обеспечения безопасности (ГМС-СБ) для морских районов А1+А2+А3. Комплекс современного судового радиооборудования обеспечивает связь при бедствиях и безопасность мореплавания, а также эксплуатационную связь общего назначения.

Гирокомпас с репитерами, главный магнитный компас, лаг, эхолот, приемоиндикатор GPS, две радиолокационные станции, а также АИС обеспечивают судоводителя и системы-потребители навигационной информацией.



Рис. 13. Сухогруз пр. RSD59 «Пола Филофея» около Борского моста. Автор фото Сергей Морозов

Для приема и выдачи балласта на судне имеется балластно-осушительная система, обслуживаемая двумя электроприводными самовсасывающими центробежными насосами и водоструйными эжекторами. Одновременная работа этих средств дает возможность откачать весь балласт не более чем за 8 ч. На судне имеется установка обработки балластных вод (УОБВ). При этом заполнение и откачка балластных цистерн выполняются через УОБВ с производительностью двух насосов.

Управление судном, главной энергетической установкой, ВРК и подруливающим устройством, радионавигационными средствами осуществляется из центрального объединённого пульта управления в рулевой рубке. Автоматизированная система предусматривает управление судном из рулевой рубки без несения постоянной вахты в машинном отделении. Объем и степень автоматизации технических средств судна соответствует знаку автоматизации AUT1-ICS в символе класса судна в соответствии с Правилами Российского морского регистра судоходства.

Для размещения экипажа численностью 11 чел., предназначены 3 одноместные блок-каюты и 8 одноместных кают с санузелом и душем, каюта для

лоцмана. В трех одноместных каютах имеется по одному резервному месту. Общее число мест (включая 3 резервных и лоцмана) – 15. На судне также предусмотрены санитарная каюта и офис.

Сопоставление технико-эксплуатационных характеристик пр. RSD59 (рис. 13) с соответствующими характеристиками судов класса «Волго-Дон макс» выполнено в табл. 2. Спроектированное судно по энергозатратам на единицу транспортной производительности лучше, чем суда пр. RSD49 и пр. 006RSD05, выполненные на основе обводов «Арамад», и заметно лучше, чем сухогрузные суда типа «Волга» и «Русич».

Если к этому добавить и существенный рост абсолютного значения дедвейта (и с ним коэффициента утилизации дедвейта по водоизмещению), причем как на полной осадке, так, что еще более весомо, в реке (прибавка от 800 т в сравнении с «Невой-Лидером» и до 1495 т в сравнении с «Волгой»), при примерно одинаковой массе погрузочного и пакета оборудования, то преимущество нового концепта RSD59 типа «Пола Макария» становится подавляющим.

**Заключение.** Построенные в 2018 г. шесть «сверхполных» многоцелевых сухогрузных судов «Волго-Дон макс»

класса пр. RSD59 не имеют аналогов в мире и существенно по своим технико-экономическим параметрам лучше всех имеющихся на отечественном рынке судов.

Преимущества пр. RSD59 (на примере судна «Пола Фива» с усиленной морской функцией) по сравнению с лучшим из ранее построенных сухогрузов «Волго-Дон макс» класса пр. RSD49:

- дедвейт в реке при осадке 3,60 м – 5320 т (у пр. RSD49 – 4507 т), что больше на 813 т;
- дедвейт при максимальной осадке 4,706 м – 8144 т (у пр. RSD49 при максимальной осадке 4,70 м – 7143 т), что больше на 1000 т;
- наличие длинного трюма  $L = 77,35$  м (на судне пр. RSD49  $L = 52$  м) позволяющего перевозить КТГ, что актуально для рынка стран Каспийского региона;
- высота трюма больше на 620 мм (9000 мм), чем на судне пр. RSD49, что позволяет перевозить контейнеры высотой до 9,6 футов – «high cube containers» (3 таких контейнера в высоту);
- движение и управляемость обеспечиваются двумя ВРК (лучше маневренность в узкостях, больше грузовой пространства за счет уменьшения размеров МО).

**Главные характеристики сухогрузных судов смешанного река-море плавания**

Характеристика	Пр. RSD49 «Нева-Лидер»	Пр. RSD59 «Пола Фива»	Пр. 006RSD05 «Гейдар Алиев»	Пр. 00101 «Русич»	Пр. 19610 «Волга»
Класс судна	КМ ⚙ Ice2 R2 AUT1-C	КМ ⚙ Ice2 R2 AUT1- ICS CONT (deck, cargo holds Nos.1,2) DG (bulk, pack)	КМ ⚙ ЛУ1 II A1 [1]	КМ ⚙ ЛУ2 I A1 [1]	КМ ⚙ ЛЗ I A2 [1]
Длина наибольшая, м	139,95	141,00	139,63	128,20	140,00
Длина между перпендикулярами, м	135,74	137,08	134,00	122,80	134,00
Ширина габаритная, м	16,70	16,98	16,70	16,74	16,56
Ширина, м	16,50	16,90	16,50	16,50	16,40
Высота борта, м	6,00	6,00	6,00	6,10	6,70
Кубический модуль, <i>LBH</i>	14023	14365	13991	13091	15533
Валовая вместимость, <i>GT</i>	5686	6143	5687	4960	4991
Чистая вместимость, <i>NT</i>	3321	3317	3240	2140	1781
Объем грузовых трюмов, м <sup>3</sup>	10921	11292	11408	8090	6864
Количество грузовых трюмов	3	2	4	3	4
Контейнеровместимость всего / в трюмах, <i>TEU</i>	289 / 219	248 / 192	274 / 204	267 / 180	144 / 92
Количество×мощность главных двигателей, кВт	2×1200	2×1200	2×1120	2×1140	2×970
Скорость при осадке по ЛГВЛ, уз	11,5	10,5	11,8 (85%)	11,0 (90%)	10,0 (100%)
Движительно-рулевой комплекс	2 винта + 2 руля	2 ВРК	2 ВРК	2 винта + 2 руля	2 винта в пово- ротных насадка + 1 руль
Мощность вспомогательных ДГ, кВт	2×292	2×332	2×215	3×160	3×150
Мощность аварийного ДГ, кВт	1×90	1×90		1×85	1×100
Мощность подруливающего устройства, кВт	200	230	230	160	135
Автономность, сут.	20	20	15	20	20
Экипаж / количество мест	10 / 12	11 / 15	12 / 14	10 / 12	18
Осадка по ЛГВЛ, м	4,70	4,706	4,60	4,20	4,677
Дедвейт (при осадке по ЛГВЛ), т	7147	8144	6970	5190	6207
Спецификационный УПО груза, м <sup>3</sup> /т	1,64	1,40	1,71	1,63	1,18
Коэффициент использования водоизмещения по дедвейту	0,721	0,753	0,727	0,687	0,696
Энергозатраты на единицу транспортной производительности, мощность / (дедвейт× скорость), кВт/т×уз	0,0292	0,0280	0,0232	0,0359	0,0313
Дедвейт (при осадке 3,60 м в реке), т	4507	5320	4580	3855	3825

### ЛИТЕРАТУРА

- Егоров Г.В., Исупов Ю.И. Сухогрузное многоцелевое судно смешанного «река-море» плавания дедвейтом 6970 т «Гейдар Алиев» с винторулевыми колонками // Судостроение. – 2004. – №4. – С. 16–23.
- Егоров Г.В., Ильницкий И.А. Многоцелевые сухогрузные суда типа «Хазар» дедвейтом 7000 т для Каспийского моря // Судостроение. – 2008 – №3 – С. 15–22.
- Егоров Г.В., Ильницкий И.А., Тонюк В.И. Многоцелевые сухогрузные суда смешанного «река-море» плавания класса «Волго-Дон макс» типа «Надежда» и «Танаис» // Судостроение. – 2011. – №5. – С. 9–18.
- Егоров Г.В., Ефремов Н.А., Автутов Н.В. Сухогрузные суда смешанного плавания серии «Челси», построенные с использованием элементов судов-доноров // Судостроение. – 2011. – №3. – С. 9–16.
- Егоров Г.В., Каневский Г.И., Станков Б.Н. Исследование ходовых качеств судна смешанного плавания большой полноты с винторулевыми колонками // Морская Биржа. – 2011. – №4 (38). – С. 16–20.
- Егоров Г.В., Автутов Н.В., Багаутдинов Р.Д. Речные сухогрузные суда пр. RSD44 дедвейтом 5540 т с пониженным надводным габаритом // Судостроение. – 2012. – №2. – С. 14–23.
- Егоров Г.В., Тонюк В.И. Многоцелевые сухогрузные суда класса «Волго-Дон макс» дедвейтом 7150 тонн проекта RSD49 типа «Нева-Лидер» // Судостроение. – 2014. – №2. – С. 9–17.
- Егоров Г.В., Тонюк В.И. Двенадцать многоцелевых сухогрузных судов дедвейтом 5500 тонн проекта 005RSD03 типа «Россиянин» // Судостроение. – 2015. – №1 – С. 9–17.
- Егоров Г.В. Суда внутреннего, смешанного река-море и каботажного плавания для перевозки негабаритных и тяжеловесных грузов // Морская Биржа. – 2015. – №3 (53). – С. 22–31.
- Егоров Г.В., Шабликов Н.В. Массовое строительство «сверхполных» грузовых судов смешанного река-море плавания // Морская Биржа. – 2016. – №3 (57) – С. 20-31. ■

# ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ХОДКОСТИ ЛЕДОКОЛА ПРИ ДВИЖЕНИИ В ТОРОСИСТЫХ ЛЬДАХ

**Е.М. Апполонов**, *д-р техн. наук, проф., ген. директор АО ЦКБ «Лазурит»*,  
**А.Б. Ваганов**, *д-р техн. наук, доцент, проф., НГТУ им. Р.Е. Алексеева*,  
**Б.П. Ионов**, *д-р техн. наук, зам. гл. инженера АО «ЦКБ «ОСК-Айсберг»*,  
**Н.В. Калинина**, *канд. техн. наук, доцент*,  
**Ю.П. Кузнецов**, *д-р техн. наук, проф.*,  
**Ю.Ф. Орлов**, *д-р техн. наук, проф., НГТУ им. Р.Е. Алексеева*,  
 контакт. тел. +7 (911) 091 1652, +7 (910) 107 0146

При прокладке канала в условиях продленной навигации ледокола часто встречаются с нестационарными условиями движения. Таким может быть движение на торосистых участках акватории. Если методики оценки ходкости в ровных сплошных льдах существуют [1], то прогнозирование ходкости ледоколов во льдах, отличающихся торосистостью, является актуальной на сегодняшний день.

Движение ледокола в торосистых льдах не является установившимся. Оно состоит из отдельных этапов: торможения при встрече с грядой торосов либо до полной остановки, либо до минимальной скорости; разгона при встрече с ровным сплошным льдом и достижения скорости установившегося движения. Эта работа повторяется циклически, и в идеализированных ледовых условиях при непрерывном движении без заклинивания и остановок ее можно описать следующим образом: ледокол движется в сплошном ледяном покрове постоянной толщины  $h$ , покрытый снегом толщиной  $h_c$ , непрерывным ходом курсом, перпендикулярным к грядам торосов высотой  $h_\tau$  и шириной  $b_\tau$ . При этом ледокол попеременно преодолевает меньшее сопротивление ровного сплошного льда и большее сопротивление при прохождении тороса. Расстояние между грядами торосов –  $b$ .

Очевидно, что при безостановочном движении скорость ледокола будет колебаться, возрастая в ровном льду и уменьшаясь в торосе. Поэтому среднюю скорость движения ледокола – скорость прокладки трассы за один цикл как основной показатель ходкости, можно рассчитать по формуле

$$v = \frac{b + b_\tau}{t + t_\tau}, \quad (1)$$

где  $t$  и  $t_\tau$  – время движения в ровном льду и торосе за один цикл.

Для определения этой скорости движение ледокола описано уравнениями [3], в том числе дифференциальными [4]. При этом полагалось, что при движении ледокола его посадка меняется незначительно и продольной качкой можно пренебречь [1–3]. В результате решения дифференциальных уравнений с учетом начальных условий получены параметры ускоренного и замедленного движения ледокола: время  $t$ , путь  $x$ , скорость  $\dot{x}$  и ускорение  $\ddot{x}$ .

Параметры движения в ровном льду:

$$t = \frac{1}{\sqrt{A_1 B_1}} \operatorname{Arth} \sqrt{\frac{B_1 - C_1 e^{(-2A_1 x)}}{B_1}} + C_2; \quad (2)$$

$$x(t) = \frac{1}{2A_1} \ln \left[ \frac{B_1}{C_1} \left( 1 - \operatorname{th}^2 \left( (t - C_2) \sqrt{A_1 B_1} \right) \right) \right]; \quad (3)$$

$$\dot{x} = \sqrt{\frac{B_1}{A_1}} \operatorname{th} \left( (t - C_2) \sqrt{A_1 B_1} \right); \quad (4)$$

$$\ddot{x} = \frac{B_1}{\operatorname{ch}^2 \left( (t - C_2) \sqrt{A_1 B_1} \right)},$$

где  $C_1 = B_1 - v_{\text{нх0}}^2 A_1$ ;  $C_2 = -\frac{1}{\sqrt{A_1 B_1}} \operatorname{Arth} \sqrt{\frac{v_{\text{нх0}}^2 A_1}{B_1}}$ ;

$$A_1 = \frac{1,4 P_{\text{шнх}} + k_3 v_0^2}{(1 + k'_{11}) D v_0^2}, \quad B_1 = \frac{P_{\text{шнх}} - k_4}{(1 + k'_{11}) D};$$

$$k_3 = k_{\text{ов}} \rho_\tau h B \left[ c_{\text{и}} (\Phi_{\text{и}} + f \Phi_{\text{ит}}) + \frac{c_{\text{г}} \rho \Omega_\tau}{\rho_\tau B h} (\Phi_\tau + f \Phi_{\text{гт}}) \right];$$

$$k_4 = k_p \frac{h^4}{d \alpha} \left[ (1 + f \gamma_{\text{лф}}) + k_{\text{сф}} \gamma_{\text{сф}} \frac{d \alpha^2}{h} \sqrt{\frac{\operatorname{tg} \varphi_{2\phi}}{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi_{2\phi}}} + 0,66(1 + f \Phi_{\text{лт}}) B \alpha + \frac{k_{\text{сб}} \Phi_c d \alpha^3 B}{h} \right] + k_{\text{ос}} (\rho - \rho_\tau) g h \Omega_\tau (\Phi_{\text{и}} + f \Phi_{\text{ит}}) + k_c g h c \Omega_\tau (\Phi_{\text{и}} + f \Phi_{\text{ит}});$$

$k'_{11}$  – коэффициент присоединенных масс воды и льда;  $D$  – водоизмещение;  $P_{\text{шнх}}$  – тяга ледокола на швартовах на переднем ходу;  $v_0$  – скорость движения на чистой воде при заданной мощности;  $v_{\text{нх0}}$  – скорость движения в момент времени, равный нулю;  $\Omega_\tau$  – площадь подводной части корпуса, облегаемая льдом;  $k_{\text{сф}} = 1,5 \times 10^{-3}$  кПа $^{-1}$ ;  $k_{\text{сб}} = 0,5 \times 10^{-3}$  кПа $^{-1}$ ;  $k_c = 0,3$  т/м $^3$ ;  $\alpha = \sqrt[4]{(\rho g)/d}$  – параметр изгиба пластины на упругом основании;  $d = \frac{E h^3}{12(1 - \mu^2)}$  – цилиндрическая жест-

кость ледяной пластины;  $E, \mu$  – модуль упругости и коэффициент Пуассона льда;  $c_{\text{и}}$  – безразмерный коэффициент, учитывающий присоединенные массы воды в составе импульсного сопротивления льдин;  $k_{\text{ов}} = 3,71$ ;  $k_p = 2,45 \cdot 10^6$  кПа,  $k_{\text{ос}} = 1,77$  – эмпирические коэффициенты, компенсирующие неточности теоретической модели сопротивления, которые определяются с учетом натуральных данных по ледопроеходимости речных ледоколов в ровных и торосистых льдах;  $\Phi_\tau, \Phi_\tau, \Phi_k$  – функции [1], характеризующие форму корпуса ледокола с точки зрения ледовой ходкости, полученные из пространственного рассмотрения вза-

имодействия корпуса со льдом и проецирования распределенных нагрузок ото льда на направление движения судна. В общем виде они могут быть представлены как

$$\gamma_{\text{лф}} = \sqrt{\frac{1}{n_{\text{хф}}^2} + \frac{1}{n_z^2}}; \quad \gamma_{\text{сф}} = \sqrt{\frac{1}{n_z^2} - 1};$$

$$\Phi_i = \frac{2}{B} \int_0^{B/2} f_i(n_x, n_z) dy; \quad \Phi_j = \frac{2}{B} \int_{L_{\text{вн}}}^L f_j(n_x, n_z) dL_{\text{вл}};$$

$$\Phi_k = \frac{2}{B \Omega_\tau} \int f_k(n_x, n_z) d\Omega_\tau;$$

$n_x, n_z$  – направляющие косинусы внешней нормали являются функциями координат судовой поверхности и выражаются через тангенсы углов наклона батоксов, ватерлиний и шпангоутов к главным плоскостям проекции;  $n_{\text{хф}}, n_{\text{зф}}$  – направляющие косинусы на форштевне.

Форма судовой поверхности задается теоретическим чертежом. Вычисление  $\Phi_\tau, \Phi_\tau, \Phi_k$  подразумевает численное интегрирование. Для некоторых форм корпусов они определены [1].

Параметры движения в гряде торосов:

$$t_\tau = -\frac{1}{\sqrt{A_2 B_2}} \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{C_3 e^{(-2A_2 x_\tau)} - B_2}{B_2}} + C_4; \quad (5)$$

$$x(t_\tau) = -\frac{1}{2A_2} \ln \left[ \frac{B_2}{C_3} \left( 1 + \operatorname{tg}^2 \left( (C_4 - t_\tau) \sqrt{A_2 B_2} \right) \right) \right]; \quad (6)$$

$$\dot{x}_\tau = \sqrt{\frac{B_2}{A_2}} \operatorname{tg} \left( (C_4 - t_\tau) \sqrt{A_2 B_2} \right); \quad (7)$$

$$\ddot{x}_\tau = -\frac{B_2}{\cos^2 \left( (C_4 - t_\tau) \sqrt{A_2 B_2} \right)},$$

где  $C_3 = B_2 + v_p^2 A_2$ ;  $C_4 = \frac{1}{\sqrt{A_2 B_2}} \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{v_p^2 A_2}{B_2}}$ ;

$$A_2 = \frac{1,4 P_{\text{шнх}} + k_{3\tau} v_0^2}{(1 + k'_{11}) D v_0^2}; \quad B_2 = \frac{P_{\text{шнх}} - k_{4\tau}}{(1 + k'_{11}) D};$$

$$k_{3\tau} = k_{\text{ов}} \rho_\tau h_\tau B \times$$

$$\times \left[ c_{\text{и}} (\Phi_{\text{и}} + f \Phi_{\text{ит}}) + \frac{c_{\text{г}} \rho \Omega_{\tau\tau}}{\rho_\tau B h_\tau} (\Phi_\tau + f \Phi_{\text{гт}}) \right];$$

$$k_{4\tau} = k_p \frac{h_\tau^4}{d \alpha} \left[ (1 + f \gamma_{\text{лф}}) + k_{\text{сф}} \gamma_{\text{сф}} \frac{d \alpha^2}{h_\tau} \sqrt{\frac{\operatorname{tg} \varphi_{2\phi}}{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi_{2\phi}}} + 0,66(1 + f \Phi_{\text{лт}}) B \alpha + \frac{k_{\text{сб}} \Phi_c d \alpha^3 B}{h_\tau} \right] + k_{\text{ос}} (\rho - \rho_\tau) \times$$

$$\times g h_\tau \Omega_{\tau\tau} (\Phi_{\text{и}} + f \Phi_{\text{ит}}) + k_c g h_\tau c \Omega_{\tau\tau} (\Phi_{\text{и}} + f \Phi_{\text{ит}});$$

$v_p$  – скорость ледокола, приобретенная в процессе разгона.

Воспользовавшись решениями дифференциальных уравнений и определив эти параметры, можно определить среднюю скорость движения на участках акватории с торосистыми образованиями, которая является показателем ходкости, следовательно, спрогнозировать время прибытия в пункт назначения.

Практика эксплуатации судов показывает [3], что в тяжелых льдах в суровые зимы торосы достигают размеров, которые ледокол неспособен преодолеть их непрерывным ходом.

Если торосистые образования окажутся непреодолимыми непрерывным ходом, то ледокол будет прибегать к работе набегам. В этом случае для прогнозирования ходкости можно воспользоваться разработанной математической моделью для определения средней скорости движения набегам [2, 4]. В зависимости от характеристик торосистой гряды (ширины  $b_r$ , приведенной толщины  $h_r$ ) можно определить за сколько набегов будет преодолена гряда торосов.

Параметры ходкости тогда можно определить следующим образом:

– количество циклов  $n$  для преодоления гряды шириной  $b_r$ :

$$n = \frac{b_r}{l_{np}};$$

– средняя скорость движения:

$$v_r = \frac{b_r}{n(t_{от} + t_{зп} + t_p + t_{пз} + t_{ос})} = \frac{nl_{np}}{\sum t},$$

где  $l_{np}$  – путь продвижения в сплошном льду за цикл;  $t_{от}$  – время отхода назад ледокола за цикл;  $t_{зп}$  – время реверса ЭУ (энергетической установки) с заднего хода на передний;  $t_p$  – время разбега за цикл;  $t_{пз}$  – время продвижения в сплошном льду за цикл;  $t_{ос}$  – время реверса ЭУ с переднего хода на задний за цикл;  $t_{ос}$  – время освобождения от заклинивания за цикл;  $\sum t$  – суммарное время, затраченное на преодоление торосистого участка за  $n$  циклов. Параметры движения за цикл определяются по модели [4].

Математические модели позволяют теоретически описать движение ледокола в торосистом льду и служат основой для полуматематических моделей с привле-

чением данных натурных и модельных экспериментов, а также прогнозировать ходкость ледокола при движении в сложной ледовой обстановке.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ионов Б. П., Грамузов Е. М. Ледовая ходкость судов: Монография. – СПб.: Судостроение, 2001. – 512 с.
2. Грамузов Е. М., Калинина Н. В. Теоретико-экспериментальная модель движения речных ледоколов в тяжелых льдах // Физические технологии в машиноведении: Сб. науч. тр./Интелсервис. – Н. Новгород, 2000. – Вып. 2. – С. 170–180.
3. Костылев А. И., Сазонов К. Е., Тимофеев О. Я., Егузаров Г. Е., Соловьев А. С., Егоров Д. Н., Штрамбрант В. И. Ледовые натурные испытания ледокола «Владивосток» // Судостроение. – 2016. – №6 (829). – С. 9–12.
4. Калинина Н. В. Использование математических моделей движения судов в тяжелых льдах при выборе тактики маневрирования // Всеросс. науч.-техн. конфер. «Современные технологии в кораблестроительном и авиационном образовании, науке и производстве», 17–20 ноября 2009 г., Н. Новгород, 2009, с. 207–215. ■

Более года назад в журнале «Морской вестник» была опубликована статья «Только прямое действие. Необходимо прекратить практику включения в федеральные законы многочисленных отсылочных норм», но тема эта остается актуальной и сегодня.

Высшее руководство страны, Совет законодателей при Федеральном собрании и Общественная палата регулярно отмечают, что *ускорению развития российской экономики и росту ВВП* препятствуют несовершенство и нестабильность действующих федеральных законов, большое количество нестыковок в многочисленных подзаконных нормативно-правовых актах, *серьезное отставание состояния правовой базы от требований обеспечения соблюдения баланса интересов бизнеса и государства.*

Предприятия разных отраслей из многих регионов страны отмечают, что большинство принимаемых федеральных законов являются *законами непрямого действия*, так как содержат многочисленные отсылочные нормы. Последующая разработка подзаконных актов (постановлений Правительства РФ, распоряжений и приказов различных министерств и ведомств, норм и методических рекомендаций множества надзорных органов, инструкций по их применению, и т. д.) *затягивается на многие месяцы (и годы!)* и требует последующих неоднократных корректировок сотен таких нормативно-правовых актов и руководящих документов.

## УСКОРИТЬ СИСТЕМНОЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЗАКОНОДАТЕЛЬНОЙ И НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЙ БАЗЫ - ГЛАВНОЕ УСЛОВИЕ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ СТРАНЫ И ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ

*И. Л. Вайсман, эксперт*

*Ассоциации судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области  
контакт. тел. (812) 786 1172*

В большинстве принятых федеральных законов нет механизма реализации *важнейших положений о мотивации и экономическом стимулировании предприятий, готовых создавать за счет собственной прибыли и привлечения внебюджетных заемных средств* (под нормальные проценты – не выше 3–4% годовых!) новые высокотехнологичные рабочие места для освоения выпуска современной продукции.

Действующие нормативные акты не ориентируют и не мотивируют российские компании на развитие кооперации с малыми и средними предприятиями, на снижение собственных непроизводительных затрат, на создание интегрированных структур для освоения выпуска

новой конкурентоспособной на мировом рынке продукции.

Из-за неоднозначного *толкования (трактовки) положений федеральных законов министерствами и ведомствами* в своих подзаконных нормативно-правовых актах надзорные органы предъявляют претензии бизнесу.

Это не соответствует требованиям времени и существенно тормозит решение задачи ухода экономики страны от сырьевой зависимости.

Отметим как положительный факт, что Постановлением Правительства РФ № 1465 утверждена и введена в действие с 2018 г. уточненная форма Специального инвестиционного контракта (СПИК), который предусматривает для реализации крупных и средних инвестиционных

проектов приемлемую финансовую схему привлечения внебюджетных инвестиций *на сумму не менее 750 млн. руб.* (под 5% годовых!) и комплекс мер государственной поддержки, необходимых для реализации такого системного приоритетного проекта, обеспечивающие окупаемость затрат в расчетные сроки (с момента ввода создаваемых объектов в эксплуатацию). СПИК введен для ускорения реализации системных проектов, направленных на создание сотен или даже тысяч новых высокотехнологичных рабочих мест в обрабатывающей промышленности, значительное увеличение выпуска современной конкурентоспособной по цене, качеству и срокам изготовления продукции, а также для решения задачи диверсификации предприятий ОПК, которые должны освоить выпуск гражданской продукции, в том числе двойного назначения.

Приведем пример возможного применения СПИК в морских сферах деятельности, при разработке инвестиционных проектов, направленных на освоение серийного строительства в России современных рыбопромысловых судов. Именно в СПИК будет отмечена необходимость формирования в ближайшее время с участием федеральных и региональных органов власти Программы загрузки российских верфей строительством промысловых судов. Для этого российские промышленные компании – потенциальные заказчики должны быть уверены, что им будут предоставлены государством нижеперечисленные меры экономического стимулирования, необходимые для окупаемости новых судов в расчетный срок (обоснованные бизнес-планом проекта) – не более шести–семи лет с момента ввода судов в эксплуатацию:

- инвестиционные квоты на добычу биоресурсов в определенных Правительством РФ ограниченных федеральным законом объемах;

- выделены средства из Фонда утилизации судов (утилизационный грант) в размере не менее 10% стоимости нового судна;
- привлечения до 80% заемных средств ВЭБ (и/или Фонда развития Дальнего Востока для дальневосточных компаний ДВ) под 5% годовых;
- субсидирование государством из Фонда развития промышленности (Минпромторг России) до 70% процентных ставок по кредитам на строительство и лизинг новых морских промысловых судов;
- льготы по нулевым отчислениям от расходов на оплату труда членов экипажей новых морских промысловых судов на период до 2027 г.
- а также другие льготы, предоставляемые СПИК, а также законами о Территории опережающего развития (ТОР) и о Свободном порте Владивосток.

*Существенные льготы предоставляются также законами ряда субъектов федерации – о поддержке инвестиционной деятельности промышленных предприятий.*

Тем не менее остаются актуальными важнейшие для управления развитием экономики страны тезисы из Посланий Президента РФ Федеральному собранию за последние 20 лет:

«Россия нуждается сегодня прежде всего в базовых, системообразующих законах. Однако, несмотря на то, что Федеральное Собрание принимает немало законов, многие из них не относятся к числу остро необходимых...»

По-прежнему законы изобилуют отсылочными нормами, что создает обширное поле для подзаконного нормотворчества. Законы фактически перестают быть актами прямого действия...

Считаю полезным предложение о совместном формировании всеми ветвями власти небольшого перечня дей-

ствительно первоочередных законопроектов. Этот перечень должен соответствовать приоритетам во внутренней и внешней политике, определяемым Президентом.

...Значительный эффект в повышении качества законов даст обсуждение законопроектов общественностью. Надо поднять «завесу молчания» прежде всего над базовыми законопроектами.

...К сожалению, еще сильна инерция прошлого – издание излишних нормативных ведомственных актов. Эта инерция подпитывается тем, что большинство государственных служащих по-прежнему руководствуются не законами, а ведомственными инструкциями.

Многие ведомственные акты либо повторяют нормы законов, указов Президента и постановлений Правительства, либо противоречат им, извращают их суть. ...

Обеспечение предсказуемости законодательства остается одной из ключевых задач, нужно постоянно учитывать запросы и потребности общества, граждан. Решения должны быть выверенными, они должны быть основаны на реалиях, на наших возможностях и потребностях общества. Нужно чаще встречаться с людьми, понимать их позицию...

Нельзя оставаться в рамках старых норм, которые сдерживают производство».

Хотелось бы, чтобы эти ответственные поручения высшего руководства страны находились под постоянным контролем общества и выполнялись Федеральным собранием, руководством субъектов федерации, министерствами и ведомствами. Важно объединить командные усилия в очень важном и неотложном деле системного подхода к разработке федерального закона прямого действия и устранению противоречий в действующей законодательной и нормативно-правовой базе. ■



**Р**езультат интеллектуальной деятельности (РИД) – продукт научной или научно-технической деятельности, содержащий новые знания или решения и зафиксированный на любом информационном носителе. РИД и приравненные к ним средства индивидуализации юридических лиц, товаров, работ, услуг, которым предоставляется правовая охрана, образуют интеллектуальную собственность предприятия.

Под управлением правами на РИД понимается выявление потенциально охраноспособных РИД, обеспечение их правовой охраны, постановка исключительных прав на бухгалтерский учет, инвентаризация РИД и прав на них, коммерциализация, мониторинг и защита исключительных прав предприятия на РИД, а также выявление нарушения прав третьих лиц, содействие деятельности по созданию РИД. Эти мероприятия направлены на обеспечение использования научного потенциала, позволяющее повысить эффективность деятельности предприятия в научно-технической сфере.

Интеллектуальной собственностью ЗАО «ЦНИИ СМ» (далее – институт) являются изобретения, полезные модели, секреты производства (ноу-хау) и товарные знаки.

Наличие патентов на изобретения и полезные модели – важный фактор, способствующий повышению конкурентоспособности предприятия, производимой им продукции, товаров и услуг, мощный инструмент привлечения инвестиций и дополнительный стимул к заключению договоров.

Институт со дня основания ведет планомерную защиту своих разработок. Так, его сотрудниками подано более 2500 заявок, по которым получены авторские свидетельства, патенты на изобретения и полезные модели. Благодаря высокому творческому потенциалу сотрудников института и в настоящее время ежегодно осуществляется подача заявок на изобретения и полезные модели (рис. 1).

### ОРГАНИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРАВАМИ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Ответственным подразделением, непосредственно осуществляющим деятельность по защите прав на РИД, является технический отдел института. Управление правами на РИД предполагает организацию и координацию работ техническим отделом (в его составе находится патентно-информационное бюро), производственных, финансово-экономического, юридического и кадрового подразделений.

Результатом работы производственных подразделений являются:

## УПРАВЛЕНИЕ ПРАВАМИ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЗАО «ЦНИИ СМ»

*А.Ю. Куценко, начальник технического отдела,  
Н.Н. Иванова, зам. начальника технического отдела – начальник патентно-информационного бюро,  
С.Н. Сергеева, патентовед,  
ЗАО «ЦНИИ СМ»,  
контакт. тел. (812) 640 1059*

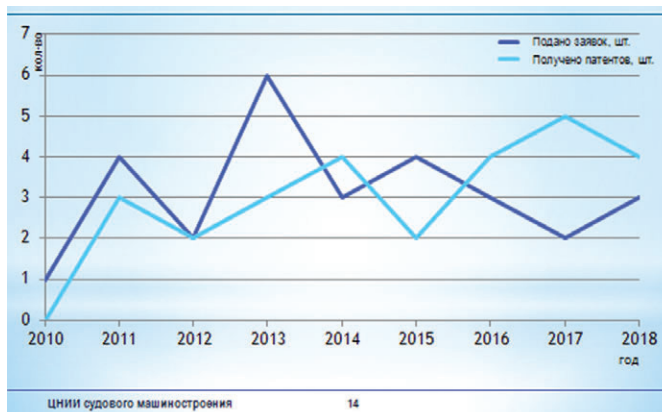


Рис. 1. Динамика подачи заявок и получения патентов ЗАО «ЦНИИ СМ» за 2010–2018 гг.

- выполнение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) и обеспечение надлежащего высокого уровня их результатов;
  - использование в своей деятельности новейших разработок как результат анализа специалистами тенденций развития конкретного вида техники;
  - создание и выявление потенциально охраноспособных РИД;
  - своевременное уведомление работодателя о создании РИД, в отношении которого возможна правовая охрана и получение охранного документа;
  - участие в подготовке исходных данных для материалов заявки на выдачу патента на охраноспособный РИД;
  - участие в коммерциализации разработок (в составлении актов об использовании РИД для собственных нужд предприятия, заключении договора о передаче права на получение патента, лицензионного договора, договора об отчуждении исключительного права на служебный РИД).
- Финансово-экономическое подразделение обеспечивает:
- учет РИД в качестве нематериальных активов (НМА) и их инвентаризацию;
  - своевременность выплат вознаграждений за создание и использование РИД;
  - финансирование системы управления правами на РИД.
- Юридическое подразделение ведет контроль:
- за соблюдением законодательства в сфере интеллектуальной собственности на предприятии;
  - за распределением прав на РИД;
  - за заключением лицензионных договоров или договоров об отчуждении исключительных прав на РИД.
- Кадровое подразделение обеспечивает:
- формирование кадрового потенциала специалистов в области защиты прав предприятия на РИД;
  - обучение и повышение квалификации работников, непосредственно связанных с созданием интеллектуальной собственности и ее управлением.

### ПРАВОВАЯ ОХРАНА РИД

Правовая охрана РИД, т. е. получение патентов или оформление защиты в режиме коммерческой тайны, способствует обеспечению деловой репутации, имиджа и экономической безопасности института.

Выявление охраноспособных РИД в институте осуществляется:

- по информации работников о создании охраноспособных РИД в связи с исполнением ими своих трудовых обязанностей;
- при проведении НИОКР, в которых участвует институт;
- по итогам инвентаризации РИД, принадлежащих и (или) используемых институтом.

Выявление РИД, созданных работником при выполнении им своих трудовых обязанностей (служебных РИД),

осуществляется путем письменного уведомления работником-автором своего работодателя о создании охраноспособных РИД и передачи необходимой информации в патентно-информационное бюро технического отдела. Право на получение патента на служебные РИД принадлежит работодателю.

Выявление РИД, созданных в ходе выполнения НИОКР, исполнителем которых является институт, осуществляется в соответствии с требованиями договора и в порядке, предусмотренном этим договором. В целях упорядочения процедуры оформления правовой охраны в каждом договоре предусмотрен раздел о правах на результаты работ. Согласно Гражданскому кодексу РФ, ст. 1371 и 1373 права на созданные РИД, полученные в результате выполнения НИОКР, могут принадлежать: Российской Федерации в лице государственного заказчика; заказчику; исполнителю; совместно заказчику и исполнителю.

Так, например, в 2017 г. на имя заказчика (АО «ЦКБ МТ «Рубин») было выдано три патента на изобретения, авторами которых являются сотрудники института, так как по условиям договора на выполнение составных частей (СЧ) ОКР права на РИД принадлежат заказчику.

Руководители производственных подразделений письменно уведомляют технический отдел о технических решениях, разработанных подчиненными им работниками, когда такие решения, по их мнению, могут быть признаны изобретениями, полезными моделями или получить охрану в режиме коммерческой тайны.

При выборе вида правовой охраны РИД в первую очередь следует определить цели правовой охраны.

Целями правовой охраны РИД на предприятии являются:

- обеспечение инновационного и технологического развития предприятия;
- минимизация рисков потери результатов научно-технической и интеллектуальной деятельности;
- правовая охрана максимального количества создаваемых на предприятии РИД с целью предотвращения их неправомерного и/или безвозмездного использования третьими лицами.
- повышение конкурентоспособности предприятия при выборе основным исполнителем работ по федеральным целевым программам и тендерным контрактам.

Основными критериями, определяющими принятие решения о целесообразности правовой охраны РИД, являются:

- степень новизны РИД;
- наличие индикаторов новизны, указанных в условиях договоров на выполнение НИОКР;

- предполагаемая длительность и территория использования РИД;
- возможность доведения РИД до стадии практического применения за счет собственных средств без привлечения внешних инвестиций;

- наличие экономического, социального, технологического и иного эффекта, достигаемого при использовании РИД;
- влияние правовой охраны РИД на производственную деятельность предприятия;

- влияние правовой охраны РИД на инвестиционную привлекательность и повышение конкурентоспособности продукции и услуг предприятия.

Для объектов охраны в виде изделий целесообразно применять правовую форму охраны в виде патентов. Для объектов охраны в виде способов (технологий), отвечающих критериям отнесения их к секретам производства (ноу-хау), целесообразно применять охрану в режиме коммерческой тайны при отсутствии возможности патентования третьими лицами.

Правовая охрана РИД осуществляется в соответствии с нормативными документами российского и международного законодательства в сфере интеллектуальной собственности (все действующие нормативные документы можно найти на новых сайтах Федеральной службы по интеллектуальной собственности (Роспатент) <http://www.rupro.ru/ru> и ФГБУ «Федеральный институт промышленной собственности» (ФИПС) <http://new.fips.ru>) (рис. 2).

К уведомлению о создании РИД в обязательном порядке должны быть приложены соответствующие материалы (описание РИД, прототипы, чертежи и т. д.) в объеме, достаточном для его рассмотрения на предмет возможности оформления и подачи заявки на выдачу

патента или отнесения к секретам производства (ноу-хау).

После регистрации уведомления патентно-информационное бюро технического отдела проверяет основания создания РИД с целью определения принадлежности права на созданный РИД и дальнейших правомерных действий для осуществления правовой охраны.

В случае принятия решения о правовой охране и об отнесении РИД к служебным специалист патентно-информационного бюро совместно с автором оформляет заявочные материалы. Руководитель подразделения, в котором работает специалист, создавший РИД, обязан предоставить ему возможность участия в составлении заявки на выдачу патента и в дальнейшем делопроизводстве по ней. При работе с заявочными материалами автор предполагаемого объекта интеллектуальных прав обязан принимать все зависящие от него меры, направленные на неразглашение сущности объекта, также автор должен препятствовать опубликованию в изданиях, доступных неопределенному кругу лиц, сведений, составляющих сущность предполагаемого объекта, до подачи на него заявки.

В случае принятия решения о сохранении информации о РИД в тайне патентно-информационное бюро совместно с производственным подразделением принимает к этому все меры в соответствии с нормами действующего законодательства Российской Федерации и локальными нормативными актами в области конфиденциального делопроизводства (рис. 3).

Когда права на РИД в соответствии с договором принадлежат Российской Федерации, от имени которой выступает Министерство промышленности и торговли, институт напрямую направляет



Рис. 2. Официальный сайт ФГБУ «Федеральный институт промышленной собственности»



Министерство (в случае, когда институт является соисполнителем СЧ ОКР – заказчику по договору) уведомление о создании РИД по установленной форме и обеспечивает оформление полного комплекта заявочных материалов на выдачу патента. Так, в 2018 г. институтом при разработке роторной рулевой машины были подготовлены две заявки и получены патенты (рис. 4) на полезные модели, патентообладателем в которых указана Российская Федерация, от имени которой выступает Минпромторг.

Если права на РИД в соответствии с договором принадлежат Российской Федерации в лице Министерства обороны, институт действует в соответствии с Инструкцией № 186/4/3373 о порядке правовой охраны результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ, принадлежащих Российской Федерации, от имени которой выступает Министерство обороны, утвержденной 8 декабря 2011 г. первым заместителем Министра обороны. Иными словами, институт по установленной форме уведомляет заказчика о каждом полученном РИД. Копию уведомления направляет в Военную приемку Министерства обороны и в Управление интеллектуальной собственности, военно-технического сотрудничества и экспертизы поставок ВВТ Министерства обороны Российской Федерации. После получения решения заказчика о порядке предоставления правовой охраны РИД институт подготавливает и направляет в это же Управление комплект документов для оформления заявки на выдачу патента на изобретение или полезную модель. В настоящее время проходит согласование в Министерстве обороны одна заявка на выдачу патента на полезную модель, авторами которой являются сотрудники института (табл. 1).

### ПАТЕНТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Защита интересов института в области создания конкурентоспособной научно-технической продукции заключается не только в разработке, выявлении, оформлении и регистрации новых изобретений и полезных моделей. На стадии подготовки к научно-техническим работам или при сдаче заказчику полученных РИД проводятся патентные исследования в целях определения научно-технического или технологического уровня (тенденции раз-

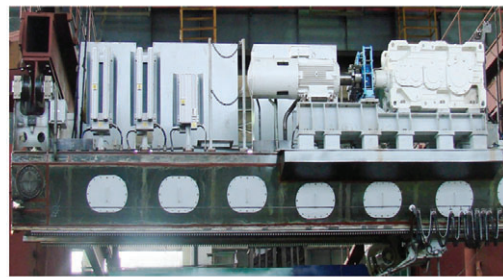


Рис. 3. Судовой кран мостового типа, исключительные права на который принадлежат ЗАО «ЦНИИ СМ»



Рис. 4. Роторная рулевая машина, разработанная специалистами ЗАО «ЦНИИ СМ»

вития), патентоспособности, патентной чистоты и конкурентоспособности РИД, стратегии их правовой охраны и распоряжения правами на РИД. Патентные исследования в обязательном порядке проводятся при выполнении НИОКР по государственному заказу.

Исходя из указанных задач, можно сформулировать три главных направления при проведении патентных исследований. Если требуется оценить перспективность предстоящей разработки новой продукции или технологии, проводятся исследования технического уровня и тенденции развития. Когда продукт или технология уже фактически разработаны, а предпринятию предстоит регистрация прав на РИД, исследуются признаки патентоспособности. Если предстоит использование разработанного РИД, то проверяется патентная чистота.

Исследование технического уровня заключается в анализе текущего уровня развития в определенных сферах науки

и техники, а также производственного процесса не только в России, но и в ведущих странах мира. Изучение технического уровня позволяет получить ответ на следующие вопросы:

- насколько будет целесообразна разработка нового продукта с учетом текущего развития отрасли;
- каковы наиболее перспективных направлений на рынке продукции, аналогичной патентуемому объекту;
- насколько велика патентная и изобретательская активность в выбранном направлении науки и техники.

Главная задача указанного вида патентного исследования – сэкономить денежные средства предприятия или заказчика и не допустить вложения инвестиций в разработку заведомо неконкурентоспособного, непатентоспособного или морально устаревшего технического решения.

Исследование патентоспособности объекта позволяет определить соответствие разрабатываемого РИД критериям патентоспособности. Например, права на

Таблица 1

Сведения за 2014–2018 гг. о результатах интеллектуальной деятельности, права на которые принадлежат ЗАО «ЦНИИ СМ»

Вид РИД	2014		2015		2016		2017		2018	
	Кол-во, ед.	В т.ч. иной правообладатель, ед.	Кол-во, ед.	В т.ч. иной правообладатель, ед.	Кол-во, ед.	В т.ч. иной правообладатель, ед.	Кол-во, ед.	В т.ч. иной правообладатель, ед.	Кол-во, ед.	В т.ч. иной правообладатель, ед.
РИД	15	2	1	62	2	02	2	12	22	2
Патенты на изобретения	4	1	4	1	5	1	5	1	5	1
Патенты на полезные модели	9	1	1	01	1	31	1	41	1	51
Свидетельства на товарные знаки	2	–	2	–	2	–	2	–	2	–

изобретение могут быть зарегистрированы в ФГБУ «ФИПС» только при подтверждении новизны, промышленной применимости и изобретательского уровня объекта. При указанном виде патентных исследований проводят поиск аналогов разрабатываемого РИД, схожих объектов. Анализ готовности РИД к регистрации патентных прав выполняют путем сравнения характеристик технических решений.

Уровень патентной чистоты разработанных РИД определяют с целью избежания нарушений прав третьих лиц на территории стран, где будет реализовываться/производиться продукция предприятия. Незаконное использование патента предполагает административную, уголовную и гражданскую ответственность: с лица, нарушающего закон, можно взыскать убытки в таком объеме, в котором их сможет доказать обладатель права. Без проверки патентной чистоты предприятие рискует столкнуться с существенными финансовыми санкциями за нарушение чужих прав.

Конкретное содержание патентных исследований определяют в зависимости от характера проводимой работы и ее этапов.

Патентные исследования проводятся в соответствии с ГОСТ Р 15.011–96 «Система разработки и постановки продукции на производство. Патентные исследования. Содержание и порядок проведения».

Производственный отдел – исполнитель НИОКР уведомляет патентно-информационное бюро о необходимости проведения патентного исследования путем направления служебной записки с указанием цели и сроков проведения исследования, темы, номера договора.

- Патентные исследования включают:
- определение задач патентных исследований, видов исследований, методов их проведения и разработку задания на проведение патентных исследований;
  - поиск и отбор патентной и иной документации в соответствии с утвержденным регламентом, а также оформление отчета о поиске;
  - систематизацию и анализ отобранной документации;
  - обоснование решений задач патентными исследованиями; обоснование предложений по дальнейшей деятельности хозяйствующего субъекта, подготовку выводов и рекомендаций;
  - оформление результатов исследований в виде отчета о патентных исследованиях.

Отчет о патентных исследованиях является научно-техническим документом, который содержит систематизированные данные о проведенной исследовательской работе и описывает процесс и результаты патентного исследования.

Как правило, отчет о патентных исследованиях является обязательным документом при закрытии договора на выполнение НИОКР или этапа договора.

В производственной деятельности ЦНИИ СМ патентно-информационное бюро совместно с производственными отделами постоянно проводит патентные исследования результатов НИОКР, которые показывают, что разрабатываемые в фирме технические решения соответствуют основным достижениям и тенденциям развития аналогичных отечественных разработок, а также мировому уровню развития техники и обладают патентной чистотой на территории РФ.

### КОММЕРЦИАЛИЗАЦИЯ РИД

В соответствии со ст. 1358 Гражданского Кодекса РФ, часть 4, патентообладателю принадлежит исключительное право использования изобретения, полезной модели любым, не противоречащим закону способом (исключительное право на изобретение, полезную модель). Патентообладатель может распоряжаться исключительным правом на изобретение, полезную модель.

В институте под использованием РИД понимается использование собственных служебных РИД и РИД сторонних юридических и физических лиц.

Использование собственных служебных РИД может осуществляться следующими способами:

- предоставление иному лицу права использования служебного РИД по лицензионному договору.
- передача иному лицу права на получение патента на служебный РИД по отдельному договору о передаче права на получение патента (вне рамок договора на выполнение НИОКР).
- передача (отчуждения) иному лицу исключительного права, подтвержденного патентом, на служебный РИД по договору об отчуждении исключительного права.

Дата начала использования служебного РИД и факт его использования должны подтверждаться своевременно оформленным актом.

Дата начала использования и факт использования служебного РИД в случаях заключения лицензионных договоров или договоров отчуждения исключительных прав подтверждаются датами заключения соответствующих договоров и их условиями. Использование РИД сторонних лиц возможно только по лицензионному договору или договору об отчуждении исключительного права на РИД.

### ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ ПРАВ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

ЦНИИ СМ проводит инициативную инвентаризацию прав на РИД, по-

лученных при выполнении НИОКР, а также созданных в инициативном порядке с перспективой их дальнейшего использования. Целью этого является выявление РИД, определение их правообладателей, дальнейшая их оценка и правомерное вовлечение прав в гражданско-правовой оборот, постановка выявленных результатов на учет, в том числе на бухгалтерский учет в качестве нематериальных активов.

Порядок проведения инвентаризации РИД регламентирован Постановлением Правительства РФ от 14 января 2002 г. № 7 «О порядке инвентаризации и стоимостной оценке прав на результаты научно-технической деятельности» (с изменениями и дополнениями) в целях выявления и учета РИД, анализа полученных сведений и подготовки рекомендаций по правовой охране выявленных РИД и предложений по введению их в хозяйственный оборот.

При проведении инвентаризации выявляются права на следующие результаты научно-технической деятельности:

- являющиеся объектами исключительных прав, включая изобретения, полезные модели, ноу-хау;
- потенциально охраноспособные (способные к правовой охране в соответствии с законодательством РФ);
- те, что не могут быть объектами исключительных прав.

Инвентаризация проводится рабочей инвентаризационной комиссией, персональный состав которой, а также порядок и сроки проведения этих работ утверждаются приказом директора института. В состав данной рабочей комиссии, как правило, включают заместителя директора (председателя комиссии), а также главного инженера; главных конструкторов по направлениям; представителей производственных подразделений; начальника технического отдела; начальника патентно-информационного бюро, секретаря комиссии; представителя финансово-экономического подразделения (члены комиссии).

По решению директора института в состав рабочей инвентаризационной комиссии могут быть включены представители аудиторских, консультационных, оценочных и иных организаций, например, АО «ОСК».

Согласно приказу № 86 от 05.12.2016 г. была проведена инициативная инвентаризация прав ЗАО «ЦНИИ СМ» на результаты интеллектуальной деятельности. По ее итогам на 30.12.2016 г. выявлено 20 объектов интеллектуальной собственности. На все выявленные объекты оформлены исключительные права ЗАО «ЦНИИ СМ» в форме патентов (рис. 5 и рис. 6) и свидетельств на товарные знаки.

## БУХГАЛТЕРСКИЙ УЧЕТ

Нематериальные активы – права, возникающие на основе выданных охранных документов на изобретения, полезные модели, товарные знаки, а также права на РИД, защищенные режимом коммерческой тайны (секреты производства, ноу-хау).

Рост нематериальных активов способствует повышению капитализации предприятия, а учет в составе нематериальных активов прав на вновь полученные результаты интеллектуальной деятельности является необходимым условием коммерческого использования научно-технического потенциала предприятия.

После получения патента либо после сохранения информации о РИД в тайне патентно-информационное бюро подготавливает документы, необходимые для постановки РИД на бухгалтерский учет в качестве нематериального актива, и направляет эти документы в бухгалтерию. Документы оформляются в соответствии с принятым в институте порядком.

При отнесении объектов к нематериальным активам необходимо руководствоваться Положением по бухгалтерскому учету «Учет нематериальных активов» (ПБУ 14/2007), утвержденным приказом Минфина России от 27.12.2007 г. № 153н.

В соответствии с ПБУ 14/2007 нематериальный актив принимается к бухгалтерскому учету по фактической (первоначальной) стоимости, определенной по состоянию на дату принятия его к бухгалтерскому учету, на основании документально подтвержденных затрат на его создание. Ежегодно в рамках инвентаризации имущества и финансовых обязательств института проводится инвентаризация нематериальных активов.

## СТИМУЛИРОВАНИЕ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Стимулирование изобретательской деятельности – обязательный фактор развития инновационной деятельности предприятия. Система мотивирования творческой активности сотрудников предприятия при создании и использовании РИД может включать меры материального и нематериального стимулирования.

К мерам материального стимулирования относятся: выплаты вознаграждения за создание и использование служебных РИД; повышение заработной платы по итогам изобретательской деятельности; установление надбавок к заработной плате.

Работникам предприятия могут устанавливаться следующие виды вознаграждений: за создание служебного РИД; за использование служебного РИД.

В институте существуют выплаты вознаграждений за создание РИД (поощрительное вознаграждение при получении охранных документов).

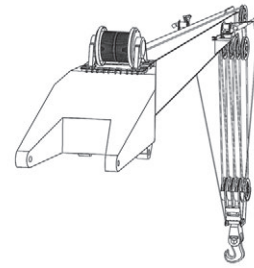


Рис. 5. Патент на техническое решение, направленное на усовершенствование конструкции кранов, применяемых в изделии КУМПТГ, разработанном специалистами ЗАО «ЦНИИ СМ»

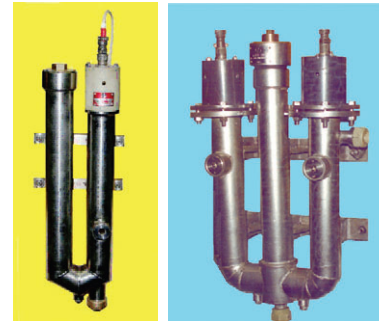


Рис. 6. Патент на бактерицидные аппараты для обеззараживания воды на подводных обитаемых объектах, разработанные специалистами ЗАО «ЦНИИ СМ»

Меры нематериального стимулирования регламентированы нормативными документами института и включают: присвоение почетных званий; включение в кадровый резерв на вышестоящую должность; повышение в должности; выдвижение кандидатом на звание лучшего по профессии, лучший специалист, лучший наставник; награждение памятными знаками, грамотами, дипломами, ценными подарками; объявление благодарности; помещение фотографии на Доску почета; публикации о достижениях работника.

РИД учитываются при подведении итогов работы подразделений института и размещаются на информационных стендах и на сайте института.

## ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТ, СВЯЗАННЫХ С УПРАВЛЕНИЕМ ПРАВАМИ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Для финансирования работ, связанных с управлением правами на РИД, бухгалтерия по представлению патентно-информационного бюро ежегодно предусматривает в сводном бюджете средства на получение охранных документов (патентов); оплату ежегодных пошлин за поддержание патентов в силе; материальное стимулирование разработчиков РИД; защиту интересов института в сфере интеллектуальной собственности; выполнение работ по договорам на приобретение РИД у других правообладателей; повышение квалификации работников по вопросам ин-

теллектуальной собственности; другие работы, связанные с управлением интеллектуальной собственностью.

## ОРГАНИЗАЦИЯ МОНИТОРИНГА, ОТЧЕТНОСТЬ И ХРАНЕНИЕ ОХРАННЫХ ДОКУМЕНТОВ

Ежегодно производственные отделы определяют перспективы возможного использования изобретений и полезных моделей, права на которые принадлежат ЗАО «ЦНИИ СМ» (включение в РКД, применение в создаваемой технике, продажа лицензий), и определяют целесообразность дальнейшего поддержания в силе патентов. На основании служебных записок от производственных отделов патентно-информационным бюро совместно с бухгалтерией проводится поддержание в силе патентов.

Патентно-информационное бюро технического отдела осуществляет ежегодный мониторинг РИД, полученных в результате реализации государственных контрактов, договоров НИОКР и собственных проектов, учет и хранение охранных документов на РИД. Сведения о РИД отражаются в отчетах в Минпромторг, АО «ОСК» и в статотчетности в государственные органы статистики.

Система управления правами на РИД в ЗАО «ЦНИИ СМ» внедрена как неотъемлемая часть его деятельности, в том числе в области инновационного и технологического развития, в целях успешной реализации долгосрочной программы развития и повышения конкурентоспособности на внутреннем и мировом рынках. ■

**А**ктуальность темы статьи подтверждается практическим нарастанием разрыва между масштабом, разнообразием и сложностью целей социально-экономического развития страны и отрасли, определяемых концепциями государственной политики, и ограниченными возможностями системы управления. Последняя сложилась из разнородных элементов, многие из которых отличаются импровизационным характером и не основываются на строгой теоретически-методической базе. Ситуация усугубляется наличием противоречивых саморазвивающихся эволюционных процессов, плохо поддающихся управлению. Острая потребность в эффективной системе управления развитием экономики на всех уровнях (макро-, мезо-, микро-) и на всех временных горизонтах явственно обозначилась на основных этапах преобразования российской промышленности:

- демонтаж хозяйственного механизма централизованно управляемой экономики;
- стабилизация экономического функционирования макроэкономическими средствами;
- попытки синтеза мезоэкономических систем стратегического управления.

На всех уровнях методическая база управления создавалась эмпирическими методами. Однако на предстоящем этапе – реконфигурации централизованного государственного управления – необходимо предварить разработку конкретных механизмов и структур управления созданием теоретико-методологических основ. Мезоэкономика как направление экономической теории пока не готова предложить такие основы.

Именно становление мезоэкономики как самостоятельной научной дисциплины рассматривается как методологическая основа эффективной экономической политики государства. Поэтому важно разработать специальный раздел – базовые положения теории промышленной отрасли.

Малая изученность отраслевой мезоэкономики, отсутствие признанной парадигмы, четкого понятийного аппарата и терминологии делает ее интересным объектом научного познания, который может служить вкладом в развитие экономики отрасли в целом.

Хотя понятие «мезоэкономика» введено в научный обиход уже в начале XX в., оно длительное время использовалось лишь в качестве учетно-аналитической категории – как совокупность крупных и средних хозяйствующих субъектов, участвующих в интеграционных процессах. Процесс становления теории мезоэкономики как самостоятельной дисциплины в составе эконо-

## РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ

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

мической теории далеко не завершена – отсутствует признанная парадигма, научные сообщества возникают изолированно вокруг конкретной проблемы. Так, в России последователи этой дисциплины концентрируют свое внимание почти исключительно на территориальных проблемах, в Европе и Японии – на государственной поддержке промышленных объединений и т.п.

Судостроительная промышленность обладает следующими специфическими чертами:

- традиция отраслевого управления. Российское судостроение функционировало в отраслевом режиме (наличие государственного органа исполнительной власти, преимущественная доля государственного оборонного заказа, централизация ресурсов, кооперация и логистика);
- устойчивая кадровая конвиксия, стабильность интеллектуального потенциала;
- устойчивость и достоверность информационной базы.

На этой основе в судостроении становится возможным использование методов научного исследования, не применимых в иных высокотехнологичных отраслях оборонно-промышленного комплекса. Возможность прибегнуть к данным методам исключает потребность в широкомасштабных экономических экспериментах.

Со времени становления капиталистической формации (конец XVII в.) экономическая наука на протяжении трех столетий оперировала, в сущности, неизменной парадигмой, основанной на триаде базовых категорий:

- производство (реальный сектор) как источник создания стоимости;
- рынок как пространство обмена;
- деньги как мера стоимости, средство накопления, перераспределения, обмена и т.п.

В эту парадигму полностью вписывается теория цикличности развития экономики, основанная на смене так называемых «технологических укладов», продолжительность каждого из которых оценивается примерно в полвека. Предполагается, что двигателем развития экономики служит самопроизвольный и саморегулируемый процесс развития технологий. К этой сверхрасширительной трактовке относятся любые инновации научно-технического характера. Роль институциональных и управлен-

ческих факторов сводится к решению вспомогательных задач: они являются лишь необходимым условием реализации технических новшеств, а также фактором, влияющим на темпы их материализации и диффузии нововведений.

Однако ситуация, возникшая в начавшемся переходе к так называемому «шестому технологическому укладу» уже не может быть объяснена ни теорией технологических укладов, ни капиталистической парадигмой в целом. Начало XXI в. характеризуется бурным развитием процессов глобализации, объективно формирующих внеэкономический фундамент для новой, посткапиталистической системы мирохозяйствования. После 2000 г. капитализм в его финансиализированной форме уходит от реального сектора, более не рассматривая его как источник извлечения прибыли, формирования индустриального общества, когда глобализация финансовых рынков возвела финансовую надстройку над реальной экономикой, куда переместился транзакционный капитал, где генерируются основные финансовые потоки, что резко снизило статус промышленного производства в структуре экономики.

Исчезает «свободный рынок», конкуренция ведется в основном политическими и силовыми методами и «невидимая рука рынка» мало сказывается на прогрессе экономики. Основные проблемы современной макроэкономики сформированы именно в финансовой сфере, где экспансия криптовалют и непрерывный рост фондовых рынков ведут человечество к пределу возможности современного способа производства – потребления и системному цивилизационному кризису.

Сильнее всего такой кризис может ударить по промышленному производству. Факт реконфигурации экономики требует инверсии парадигмы развития промышленного производства применительно к перспективе постиндустриальной, пострыночной и постденежной экономики.

Движущей силой современного этапа стали процессы, происходящие в финансовом секторе, следовательно, они и должны рассматриваться в предлагаемом исследовании как основа, на которой и предстоит сформировать основные требования к системе управления производственными системами, в том числе и к инструментарию такого.

Залогом успешной работы в этом направлении должна стать не адаптация стихийно появляющихся на рынке IT-инструментов к специфике объектов и субъектов управления, а опережающие разработки требований к новым средствам управления. Задача осложняется небывалым масштабом изменений, вплоть до модификации «цивилизационной экосреды» как изначального этапа формирования «трансчеловечества». Очевидно, что система управления требует развития методов искусственного интеллекта на базе нейросетевого моделирования, больших баз, глубокого обучения и т.д., однако эти требования должны будут конкретизироваться в процессе итерационного развития системы управления, начиная с трансформационного этапа.

Целевая установка формулируется системой управления с учетом потребностей общества, а технические инновации служат лишь инструментом ее достижения.

Для начального этапа трансформации системы управления промышленным производством уже на современном этапе могут быть сформулированы некоторые концептуальные положения:

- управление производством должно быть отделено от финансовых рынков; следовательно, оно должно быть локализовано в сфере мезоэкономики;
- сфера управления должна стать объектом прямого государственного участия, следовательно, она должна носить отраслевой характер, а отрасль быть субъектом государственности;
- целеполагание должно быть результатом декомпозиции государственной политики и не носить финансового характера, а сводиться к удовлетворению общественных потребностей;
- определение потребности должно носить внерыночный характер, выражаться неденежным измерителем, а в перспективе – инструментами искусственного интеллекта;
- упреждающее развитие организационно-методического «каркаса» системы может вестись на базе упрощенных оценок, взаимосвязанных с исходной системой управления.

Современный этап развития экономики характеризуется как прогрессивным ускорением эволюционных процессов в системах управления, так и лавинообразным нарастанием потока научно-технических новшеств. Ситуация настолько органично вписывается в любую из теорий цикличности развития социально-экономических систем (от Й.А. Шумпетера и Н.Д. Кондратьева до Л.Н. Гумилева), что переживаемый че-

ловечеством период классифицируется как процесс перехода к следующему технологическому укладу. Теоретические исследования, выполненные в русле парадигмы циклического развития экономики, привели к формированию достаточно стройной теории, объясняющий источники и движущую силу развития возникновением и прогрессом новых технологий, т.е. совокупности приемов и способов получения, обработки сырья, материалов, полуфабрикатов или изделий, осуществляемых в промышленности и строительстве. Каждый из циклов слагается из периодов и спада стабильности и нестабильности; он характеризуется наличием развития не только технологии, но и управленческими инновациями, цель которых, однако, вспомогательная: формирование адекватных условий для реализации технологических достижений.

Продолжительность циклов, имеваемых технологическими укладами, составляет порядка 50 лет.

Однако теория технологических укладов слабо отражает реальность промышленного производства. Расхождение их порождает ряд труднообъяснимых парадоксов; зарождение и развитие управленческих инноваций принято связывать с кондратьевскими «большими циклами» через потребность в них как необходимом условии реализации технологических новшеств. Продолжительность и амплитуда фазы подъема зависят не только от технологических инноваций, но и от модернизации управления социально-экономическими системами с целью повышения устойчивости их функционирования. Утверждается, что управленческие инновации локализуются на фазах подъема, а технические – на фазах спада в условиях неустойчивости, кризисов и депрессий (фаза надлома – по Л.Н. Гумилеву, нестабильность – по А.П. Прохорову). Появляется парадоксальная формулировка цели управления системой – устойчивое инновационное развитие.

Выход из логического противоречия ищется в бесконечно расширительной трактовке понятия «технология», вплоть до утраты его смысловой определенности; ныне бытуют термины: технология управления, политтехнология, технология человеческих отношений и т.д. С помощью подобных терминологических ухищрений в понятие технологического уклада втискивается любая характеристика социально-экономического периода. Следует отметить следующее:

- периодизация на базе технологических укладов охватывает лишь трехсотлетний период истории человечества;
- на протяжении данного периода не происходило коренных революци-

онных скачков цивилизационного масштаба, таких как неолитическая революция, три великих разделения труда, возникновение рынков и денежного обращения;

- не учитывается, что подобно любому циклическому процессу, процесс развития человеческого общества раскладывается на множество частотными и амплитудными характеристиками, в то время как динамика технологических укладов оценивается лишь по огибающей линии суммарных результатов; например, в судостроении РФ на протяжении 1991–2016 гг. отчетливо определяется смена существования различных фаз эволюции системы управления при полном отсутствии серьезных технологических инноваций;
- факт устойчивого развития оценивается не из анализа динамических процессов, но лишь по форме равнодействующей, огибающей линии.

Поскольку на протяжении последних трехсот лет в истории человеческого общества не отмечено радикальных скачков цивилизационного масштаба, все обозначенные технологические уклады основаны на стабильности основополагающих факторов мирохозяйственного уклада. Среди них следует выделить триаду:

- финансовая система – основа системы управления, задающая цели, критерии, результаты деятельности социально-экономического спада;
- рынок – регулятор процессов обмена, оценки стоимости, инструмент ресурсообеспечения;
- материальное производство – сфера генерации новой стоимости финансовых потоков, производственных отношений.

Именно постоянство этой основы обеспечило фундамент развития экономической науки и системы

Однако в настоящее время человечество оказалось на подходе к исчерпанию возможностей дальнейшего эволюционного развития экономической науки на базе традиционной парадигмы, основанный на триаде факторов.

Признаками нарастания критической ситуации являются:

- обозначившийся переход к постиндустриальной эпохе: утрата промышленным производством доминирующей роли в экономике и переход капиталов и работников из реального сектора, снижение нормы прибыли;
- изменение финансовой системы; утраты деньгами основной функции меры стоимости и средства обмена; уход денег из реального сектора на финансовые рынки; альтернативные

деньги; неустойчивость денег, криптовалюты;

- исчерпание функций и возможностей рынка – потеря функции определения общественно необходимых затрат; альтернативные безденежные экономические отношения между потребителями и производителями; эрозия возможностей рыночной конкуренции продукции служить силой прогресса; реконструируется и расширение государственного управления (в судостроении РФ доля государственного управления превышает 85% объема производства).

Перечисленные тенденции позволяют выдвинуть гипотезу, определяющую начавшийся этап развития экономики не как заурядную смену технологического уклада под влиянием научно-технологических достижений с использованием управленческих инноваций лишь в ка-

честве инструмента, обеспечивающего их внедрение, но как начало кардинального скачка, меняющего все основы мирового хозяйства на цивилизационном уровне. Ее можно обозначить как гипотезу постиндустриальной, постденежной и пострыночной эпохи.

Масштабная трансформация социально-экономической системы предопределяет создание теоретической и методологической базы, а также упрещающее формирование организационно-управленческого каркаса будущей системы.

К сожалению, до настоящего момента эта проблема даже не обозначена в контексте стратегического целеполагания. Ее масштаб не позволяет решать задачу трансформации управления ни эмпирическим методом проб и ошибок, ни детальной разработкой программы действий от начальной до конечной фазы реформирования. На современном эта-

пе целесообразно начинать с создания научного задела критических концепций будущей системы. Такая разработка также представляет собой многоэтапный дискурс в духе специальных методологических подходов, основанных на ранжировании значимости целей, направлений и задач. Важнейшим аспектом рационального подхода является создание подсистемы оценок готовности новых концепций для использования в реальной системе управления.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гумилев Л.Н. Этногенез и биосфера Земли. – М.: Айрис-Пресс, 2016.
2. Прохоров А.П. Русская модель управления. – 4-е изд. – М.: Изд-во Студии Артемия Лебедева, 2017.
3. Шумпетер Й.А. Теория экономического развития. – М.: Директмедиа Паблишинг, 2008. ■



**С**вое летоисчисление журнал ведет от «Вестника Общества морских инженеров», первый номер которого увидел свет в Санкт-Петербурге в сентябре 1898 г. Задачей издания было «дать возможность морским инженерам следить за прогрессом морской техники и содействовать этому прогрессу». Хотя название не раз менялось – «Ежегодник Союза морских инженеров» (1916), «Кораблестроитель» (1925), «Судоходство и судостроение», «Советское судостроение», «Морское судостроение» и, наконец, «Судостроение» (1934) – общая тематическая и научная направленность сохраняются до сегодняшнего дня.

## ЖУРНАЛУ «СУДОСТРОЕНИЕ» - 120 ЛЕТ

контакт. тел. (812) 786 0530

В середине 20-х гг. прошлого века журнал был органом Научного кружка кораблестроителей Ленинградского Политехнического института им. М. И. Калинина, с 1930 г. он стал органом Всесоюзного научно-технического общества судоходства и судостроения, затем Всесоюзного научного инженерно-технического общества судостроения (ВНИТОСС), правлений Союзверфи, Речсоюзверфи и ЦК Союза транспортного судостроения, Главного управления судостроительной промышленности НКТП СССР.

В 1947 г. журнал становится главным печатным органом Министерства судостроительной промышленности и ВНИТОСС (в настоящее время – Российское научно-техническое общество судостроителей имени академика А. Н. Крылова).

В 1996–1997 гг. из-за прекращения финансирования выпуск журнала был приостановлен почти на год. В 1997 г., получив лицензию на издательскую деятельность, Центральный научно-исследовательский институт технологии судостроения (ЦНИИТС) стал его полноправным издателем.

Сегодня журнал – печатный орган РосНТО судостроителей им. акад. А. Н. Крылова, Межрегионального от-

раслевого некоммерческого объединения промышленников и предпринимателей (работодателей), Ассоциации судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области и издателя журнала – АО «ЦТСС».

В нем публикуются статьи ученых и специалистов практически на все темы, связанные с переоборудованием верфей, проектированием, постройкой, ремонтом, модернизацией и утилизацией военных кораблей, гражданских судов, средств морской техники.

На протяжении всей своей истории журнал концентрировал вокруг себя передовую научно-техническую мысль, публиковал статьи ведущих ученых и специалистов судостроительной и смежных отраслей промышленности, историков флота и судостроения, содействуя их развитию. Журнал «Судостроение» остается профессиональным отраслевым изданием, информационно связывающим все имеющие отношение к судостроению и судоремонту предприятия и организации.

*Желаем редакции журнала дальнейших успехов в работе, новых интересных идей и творческих замыслов!* ■

За последние 200 лет в ходе индустриального развития мир полностью изменился. Технологические нововведения, начиная с самых первых опытов механизации в XVIII в., оказывают влияние на технологию массового производства, как и появление позднее систем оцифровки и массовой автоматизации. В результате этого кардинально меняется повседневный образ жизни людей. Обычно мы это называем технической революцией.

В России в начале 2000 г. ажиотаж на тему «Промышленной революции 4.0» воспринимался многими управленцами как пиар собственных предприятий. Сегодня же интерес к данной концепции вырос в разы, и предприятия готовы вкладывать инвестиции в создание концепции «Индустрия 4.0».

Исходя из своего опыта, могу сказать, что предприятия, начиная с 2013 г., начали ставить перед собой более смелые и масштабные планы по автоматизации, включая разработку новых цифровых продуктов и услуг, создающих основу для появления революционных бизнес-моделей.

Те компании и заводы, на базе которых удалось реализовать первые проекты в сфере автоматизации в рамках концепции «Индустрия 4.0», сегодня чувствуют себя достаточно уверенно на рынке, потому что их производительность, а значит и прибыль растет.

Не менее важную роль при этом играет и такой фактор, как качество продукции. Контроль качества на автоматизированных участках осуществляется с помощью наборов тактильных, оптических, тепловых датчиков в составе роботов или же в составе координатных измерительных машин. Данные датчики могут достаточно быстро и исключительно точно собирать необходимую информацию, обмениваться ею с другими приборами измерения и производственными системами.

Производственные системы, в состав которых входят датчики КИМ, оснащены своего рода «автоматизированным ОТК», что позволяет обмениваться информацией между системами обработки, системами измерения и системой управления.

За последние несколько лет автоматизация стала ключевым понятием в промышленности. С точки зрения метрологии, я вижу две возможности автоматизации измерения физических величин. Первая состоит в автоматической проверке отдельных величин контактными и оптическими датчиками или же в прямом сканировании облаков точек с последующим анализом или извлечением данных для сравнения с данными

## ПРОМЫШЛЕННАЯ РЕВОЛЮЦИЯ 4.0

*М.А. Ермолаев, руководитель проектов метрологического оборудования ООО «Пумори-северо-запад»,  
контакт. тел. (812) 670 7026*

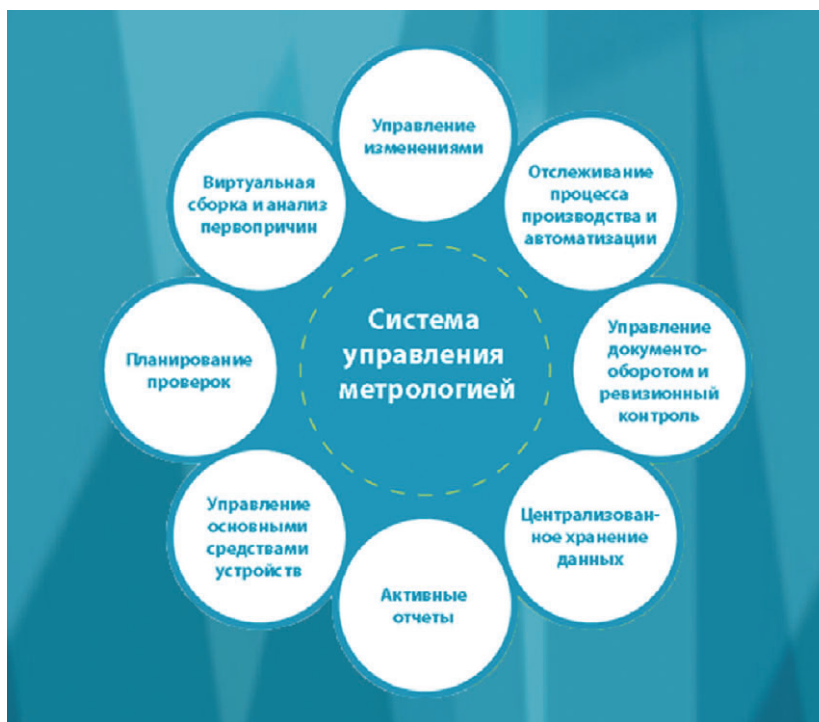


Рис. 1. Система управления метрологией

САПР. Вторая возможность состоит в использовании данных с целью автоматизации процессов, таких как установка деталей на станки или КИМ в требуемое положение перед обработкой или измерениями.

Новые технологии позволяют измерять любые детали с любой точностью в кратчайшее время, собирать большие объемы данных, чем раньше, и в сжатые сроки передавать эти данные на любые расстояния.

Во многих отраслях большой объем данных представляет собой значительную проблему при хранении, каталогизации и безопасности – и все это еще до того, как вы получите необходимую информацию.

Можно создать на базе своего предприятия «Интеллектуальное производство», опираясь на симбиоз базовых факторов относительно системы управления метрологией «Индустрия 4.0» (рис. 1).

Ярким примером того, где «Индустрия 4.0» обладает потенциалом для увеличения прибыльности предприятия, являются распределенные цепочки поставок. Большинство крупных инженерных проектов в области машиностроения завязаны на поставках деталей, опыте и ресурсах нескольких внутренних производств, расположенных в разных местах стра-

ны. Например, в авиационной промышленности детали могут производиться за тысячи километров друг от друга, поэтому метрологические данные являются решающими для гарантии процесса сборки без подводных камней.

Используя «Индустрию 4.0», можно не только получать данные с каждого участка на заводе, но также выполнять и использовать виртуальную сборку, тем самым гарантируя отсутствие проблем на протяжении всего жизненного цикла изделия.

Как интегратор таких систем, я могу сказать, что идея умного производства по-прежнему остается в зачаточном состоянии, и не каждое предприятие сегодня готово к кардинальным изменениям, хотя производство в России активными темпами отходит от традиционной модели линейного производства. Обладая расширенными возможностями в рамках завода, предприятия смогут производить больше продукции и делать это быстрее при условии, если они оснащены системами и оборудованием, ускоряющими технологические процессы.

Один из примеров, который часто реализуется на практике с этой целью, – это гибкая производственная система (ГПС). За границей реализовано множество проектов с использо-

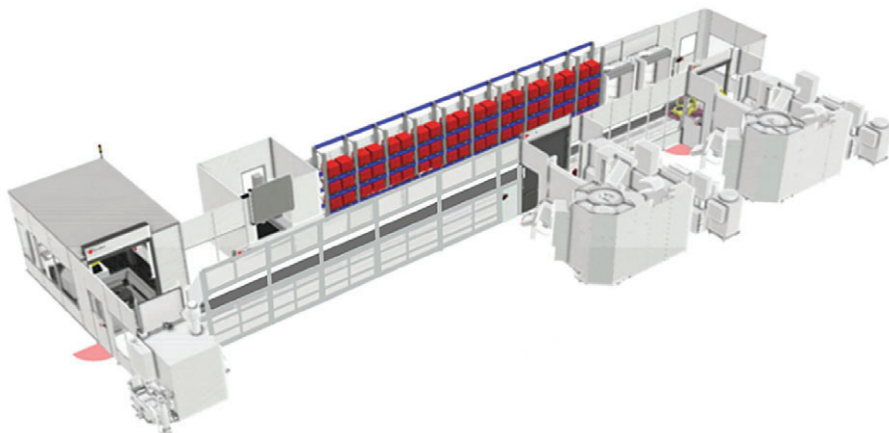


Рис. 2. Гибкая производственная система

ванием данных систем. В России в последние годы тоже увеличился интерес к ним, так как данные системы способствуют увеличению валовой прибыли в сжатые сроки, а значит предприятия войдут в число передовых.

Что же такое ГПС? Это – комплекс технологических средств, связанных одной управляющей системой, в состав которой входят модули механообработки (токарные, фрезерные, обрабатывающие центры и т.д.), модуль ОТК (высокоточная координатно-измерительная машина, оптические датчики, установленные на роботах и т.д.), модуль склада (полетная складская система хранения), моечные комплексы, сменщики инструмента и т.д.

Мировые лидеры, объединяя усилия при решении задач в области метрологии, измерений на автоматизированных участках, разработали ГПС, в состав которой входит модуль измерения детали, в рамках которого можно проводить измерения на протяжении всего цикла оборотки.

Благодаря данным решениям предприятия повышают качество производимых изделий с минимальной потерей времени на измерения. Данный симбиоз позволяет достигать высокого уровня автоматизации производства, а также качества выпускаемой продукции.

На станции загрузки/выгрузки оператор-сборщик устанавливает заготовки в крепежное приспособление на быстросменной паллете, заполняя

таким образом склад паллет. Быстросменная паллета с заготовкой, согласно очереди паллет, перемещается в измерительный модуль КИМ и устанавливается на высокоточный позиционер с помощью робота.

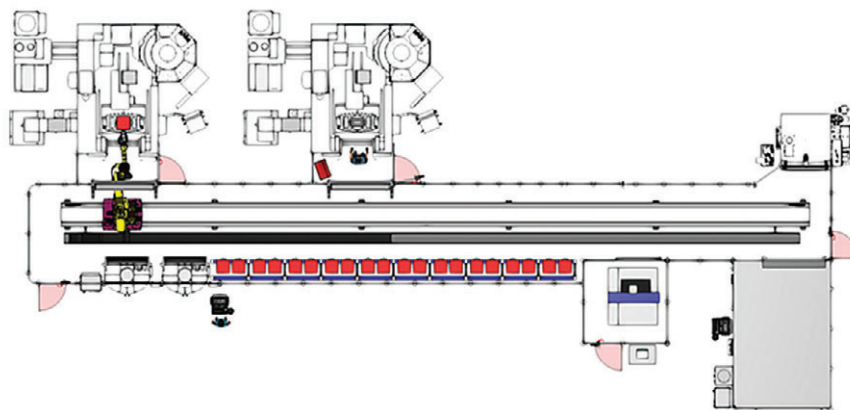


Рис. 3. Схема расположения модулей на участке

Перед выполнением измерительных операций с помощью контактной системы измерения КИМ определяет точное положение заготовки на паллете и получает команду измерений от общей управляющей системы.

Далее КИМ, благодаря системе управления метрологическими процессами, устанавливает необходимый инструмент для измерений. В процессе измерений КИМ может менять измерительные головы в зависимости от выполняемой операции. По окончании измерений паллета

с деталью перемещается обратно в склад или на станок для последующей обработки, по факту измерений генерируется протокол, который, в свою очередь, загружается в электронную систему, совместно с протоколом формируется некий объем данных, который хранится в облаке управления системы.

Машина создает файл, который хранится на общем сервере системы в том формате и системе координат, на основании которых механообрабатывающее оборудование могло бы внести корректировки в систему позиционирования и обработки.

Комплекс работает на основе поступающих заказов. Заказы на производство могут формироваться как на пульте управления оператора комплекса, так и поступать извне, например, с интегрированной системы управления завода (интеллектуальная

система высшего уровня). Каждый заказ содержит информацию о детали, количестве, крепежном приспособлении и управляющей программе. Каждому заказу присваивается приоритет, который при необходимости может быть изменен вручную.

Подводя итоги, хотелось бы сказать, что в производстве крупных деталей и объектов автоматизация претерпит еще ряд изменений, но в целом революция удалась, и можем осуществлять контроль и влиять на качество изделия на всем его жизненном цикле. ■



**АО** «Машиностроительный завод «Армалит», отмечающее в декабре 2018 г. свое 140-летие – одно из тех современных предприятий, на примере которых можно изучать этапы становления и развития российской машиностроительной промышленности в XIX–XXI вв.

В конце XIX в. Каменноостровский проспект в Санкт-Петербурге, претерпевший значительную реконструкцию, в ходе которой здесь появились каменные постройки, конно-железная дорога, водопровод и канализация, начинает, как магнит, притягивать успешных промышленников и купцов. Среди тех, кто оценил перспективы этой обновленной и цивилизованной части Петербурга, был и саксонец Рудольф Грош, основавший в 1878 г. на Каменноостровском, 9-11 литейно-арматурный завод. Завод, на котором трудились 120 рабочих, выпускал пожарные трубы и арматуру для котлов.

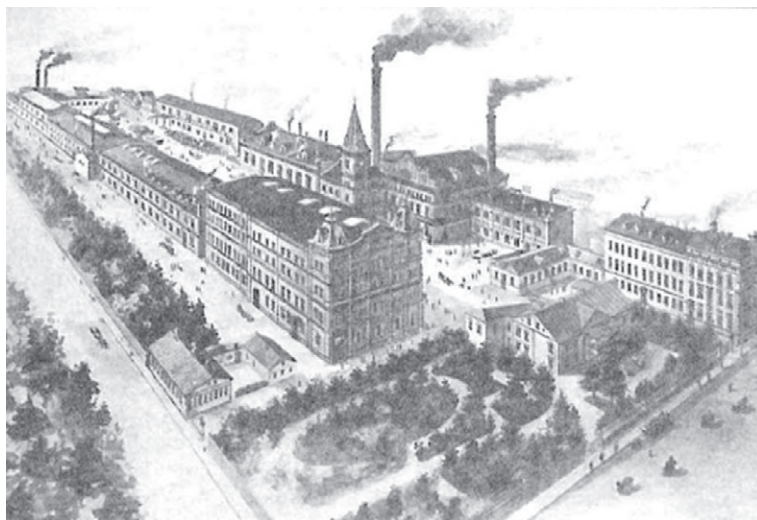
В августе 1887 г. завод приобретен товариществом «Лангензипен и К<sup>о</sup>», учрежденным прусским подданным Рихардом Людвиговичем Лангензипеном из Магдебурга и петербургским купцом 2-й гильдии Оскаром Васильевичем Митенсоном. Братья Лангензипен – Рихард как стратег, возглавлявший товарищество, и Альфред как талантливый менеджер – сумели превратить никому не известный заводик в огромное предприятие, имеющее сеть филиалов в Москве, Риге, Киеве, Харькове, Варшаве, а также представительства в 14 городах империи. Здесь стали выпускать водяную и газовую арматуру, приводные насосы, паровые и ручные пожарные трубы, арматуру для паровых котлов и машин; освоили изготовление электрического и телефонного оборудования. В 1895 г. на предприятии Лангензипена трудилось 650 рабочих.

Увеличились и производственные площади чугуномеднолитейного механического завода и арматурной фабрики Лангензипена: основная часть литейного производства в 1912 г. переехала за Нарвскую заставу, а на Петербургской стороне остались механические мастерские, часть чугунолитейного производства и склады готовой продукции.

С началом Первой мировой войны оба производства сконцентрировались на выполнении заказов для Военного ведомства: изготавливали снаряды, огнеметы, мины, питательные насосы и нефтяное отопление для судов флота, воздушную арматуру высокого давления для подводных лодок, насосы, арматуру и манометры для технических учреждений. Выполняли и заказы для Главного управления кораблестроения: тысячами изготавливались минные корпуса и якоря для них, запальные стаканы, стальные зарядные футляры, щитки для пулеметов и т.д.

## МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМУ ЗАВОДУ «АРМАЛИТ» - 140 ЛЕТ

*Л.Н. Сидорина, специалист по маркетингу,  
А.А. Чагинова, специалист по маркетингу,  
АО «Машиностроительный завод «Армалит»,  
контакт. тел. +7 (911) 095 7922*



*Завод «Лангензипен и К<sup>о</sup>», Санкт-Петербург, конец XVIII в.*

В 1916 г. по распоряжению правительства из состава правления АО «Лангензипен и К<sup>о</sup>» вслед за Рихардом Лангензипеном вышли все германские подданные, а само Общество было передано правительственному инспектору, назначенному министром финансов. Сменилось и название – теперь это АО «Механические заводы для производства арматуры, машин и предметов снабжения армии и флота».

Революционные события 1917 г. завод (на котором к тому времени работают более 700 человек) встретил как полагается: демонстрациями, забастовками, участием в отрядах рабочей милиции (они стали стихийно возникать уже в марте), а затем и созданием собственной Красной гвардии, в которой насчитывалось до 200 человек. Красногвардейцы бывшего завода Лангензипена участвовали не только в патрулировании на Петроградской стороне и возле Марсова поля, но и в штурме Зимнего.

Когда революционная романтика спала, стало понятно, что без государственного финансирования в условиях разрухи для предприятия наступили непростые времена: не было ни топлива, ни металла, электроэнергия подавалась с перебоями. Первое время удавалось поддерживать деятельность завода за счет топлива и металла, которые рабочие находили на других предприятиях Петрограда.

В условиях войны и иностранной интервенции, в ситуации, когда сырье отсутствует, а квалифицированные инженерно-технические специалисты уезжают за рубеж, молодая страна Советов пыта-

ется сохранить промышленность. Однако и введенный сразу после Октябрьской революции рабочий контроль, и созданный для регулирования экономики в декабре 1917 г. Высший Совет Народного Хозяйства (ВСНХ) оказались неэффективными – состояние в промышленности только ухудшалось, в том числе и на механических заводах, ранее принадлежавших Лангензипену. К концу 1917 г. в связи с неблагоприятным положением многие рабочие, не ожидая закрытия заводов, брали расчет и уезжали в деревню. В мае 1918 г. на заводе в Школьном пер., 5 выпустили последнее литье. Завод остановился.

Ухудшившееся к лету 1918 г. экономическое положение страны подтолкнуло власть к чрезвычайным мерам – в июне декретом Совнаркома объявлена массовая национализация промышленности. Вместе с 1124 другими крупными предприятиями национализированы и «Механические заводы», а акционерное общество ликвидировано.

В декабре 1918 г. на чугуно-меднолитейном заводе в Школьном переулке остались 27 квалифицированных рабочих и 6 технических специалистов, одна лошадь и велосипед.

В мае 1919 г. было принято решение о консервации завода в Школьном переулке. Заводу на Дивенской, 1 повезло чуть больше: здесь возобновлен выпуск манометров для железнодорожного транспорта, изготовлено 700 кранов для тракторных тягачей, выпускались насосы, всевозможный пожарный инвентарь.

К восстановлению законсервированных заводов приступили в конце 1921 г.

Все производство в Школьном переулке разместилось тогда на площади одного нынешнего цеха № 48. Литейное оборудование состояло из полутонной вагранки и нефтяной печи. На заботливо восстановленном оборудовании – маленькой плавильной печи «Мечта» – 20 декабря 1921 г. была выпущена первая плавка. Из-за плохого снабжения металлом и топливом меднолитейный цех выпускал плавки через день; за одну плавку выдавали от 130 до 250 кг меди.

Поскольку для реконструкции объектов народного хозяйства продукция обоих заводов была остро необходима, на предприятия начинают присылать кадры. Если в начале 1922 г. здесь трудится 80 человек (выпущено продукции на 65 тыс. руб.), то на 30 сентября 1922 г. на двух площадках завода числится уже 250 рабочих и 30 служащих, а в 1923 г. – около 300 (объем производства вырос до 267 тыс. руб.).

В 1921 г. первым управляющим национализированного «Петроградского государственного механического завода паропроводной арматуры и насосов» стал бывший рабочий Василий Иванович Набловский (управлял заводом до 1927 г.).

17 октября 1922 г. на общем собрании по выборам депутатов в Петроградский Совет рабочие решили переименовать завод в «Государственный Петроградский арматурный завод «Знамя труда».

Завод на Дивенской ул., 1 получил название «Знамя труда» № 1, а завод в Школьном пер., д. 5 – «Знамя труда» № 2 (оба завода вошли в одноименный трест).

Мощности завода растут: с 1923 по 1926 г. число работающих увеличивается до 499 человек, было выпущено продукции на 1 млн 733 тыс. руб. В 1927 г. 700 рабочих выпускали продукции уже на 3 млн руб. Кроме литейной действовала еще штамповочная мастерская с семью прессами.

В 1927 г. принято решение о строительстве сталелитейного цеха, и в 1928 г. в новом цеху была установлена электропечь проектной мощностью 1860 т литья в год, получена первая сталь и изготовлены стальные отливки.

С начала первой пятилетки (1928 – 1932) завод «Знамя труда» № 2 продолжает развиваться: кроме сталелитейного, построены чугунолитейный, арматурный и модельный цеха, лаборатория. Производятся стальное литье и арматура, задвижки, карбюраторы, чугунное литье для тракторов (выпускавшихся «Красным путиловцем»).

Вместо ликвидированного треста «Знамя труда» в декабре 1929 г. появился Республиканский арматурный трест, а с 1931 г. – объединение «РОСАО», включавшее семь заводов в Москве, четыре – в Ленинграде, по одному в Харцызске



*Народное ополчение Кировского завода*

(Донецкая обл.) и Георгиевске (Ставропольский край). Были у объединения и две профессиональные школы: ФЗУ в Москве и учебный комбинат в Ленинграде (на Охте).

Объединение производило стальную, бронзовую и чугунную арматуру «для пара, воды, нефти и прочих жидкостей», манометры, мановакуумметры, вакуумметры, соединительные водопроводные части (фитинги) из стали и ковкого чугуна, различные типы насосов (плунжерные, центробежные, Гарда, Идеал, Челлендж и др.), водопроводные краны, тройники, пожарные насосы, гильзы и другую продукцию.

1929 г. заложил основу для самостоятельного развития сразу нескольких предприятий, которые существуют и сегодня в Санкт-Петербурге: АО «Армалит», Опытный завод арматуростроения «Знамя труда», ЗАО «Завод «Знамя труда», ООО «Топливные системы» и АО «Пелла».

С 1930 г. завод в Школьном переулке, по сути – филиал завода «Знамя труда» № 1, поставлявший преимущественно литье, выделен в самостоятельную единицу, а в 1931 г. получил название «Завод имени Молотова». На предприятии в это время работало около 3 тыс. человек.

Откликаясь на потребности народного хозяйства, завод осваивает производство крупной арматуры для новыхстроек (Магнитогорска, Кузнецка, Днепростроя, московского метро), а также фонтанной арматуры для нефтяников, задвижек, захлопок, арматуры для крекинг-процессов и химической промышленности, многостворчатых клапанов и других типов арматуры.

1939 г. можно и нужно выделить – в марте этого года завод был передан в систему судостроительной промышленности СССР, где и стал главным поставщиком судовой арматуры. С этого года судовая трубопроводная арматура вошла в номенклатуру производимых изделий предприятия. В Наркомате судостроительной промышленности завод получил литейное наименование «Завод № 346 имени Молотова».

Великую Отечественную войну (1941–1945) заводчане выстояли вместе с Ленинградом и всей страной: с оружием в руках на фронте и в рядах народного ополчения, на рабочих местах в Школьном переулке и в эвакуации на Урале.

В апреле 1941 г. «Завод № 346 имени Молотова» стал филиалом Кировского завода. Стоит отметить, что предприятия сотрудничали и раньше: в годы первых пятилеток краснопутиловцы и рабочие завода «Знамя труда» № 2 совместно выполняли заказы гигантов металлургии и электрификации – Магнитогорска, Кузнецка, Волховстроя, Днепростроя; в кооперации работали над выпуском первых советских тракторов «Фордзон-путиловец» и тракторов-пропашников У-2.

22 июня 1941 г. репродукторы разносили весть о нападении фашистской Германии на СССР. С первого же дня войны в парткомы и завкомы от рабочих завода стали поступать заявления о добровольном вступлении в ряды народного ополчения и Красную Армию.

Рабочие «Завода № 346» воевали в составе Кировской дивизии народного ополчения.

Оставшиеся работать у станков единогогласно приняли решение ежемесячно отчислять часть заработка в фонд обороны. На смену ушедшим в ополчение в цеха приходят работать подростки, женщины (до войны бывшие парикмахерами, продавцами, а то и просто домохозяйками), ученики ремесленных училищ. Пополняя ряды рабочих, в условиях войны они приобретают по несколько новых специальностей, добываясь высокой производительности труда.

Предприятия, ставшие на военные рельсы (и в осажденном городе на Неве, и в эвакуации на Урале), осваивают выпуск военной продукции.

Наркомат общего машиностроения, к которому относились Кировский завод и «Завод № 346», в ноябре 1941 г. был преобразован в Наркомат минометного вооружения. И перед заводчанами, оставшимися в Ленинграде, была поставлена задача организовать отливку мин, для чего с марта 1942 г. начались работы по пуску медно-чугунолитейного цеха. Од-

новременно с литейным заработал инструментальный цех. Враг, находившийся у стен города, продолжал систематически обстреливать завод – линия фронта проходила всего в 4–5 км. В один из летних дней 1943 г. по заводу было выпущено 365 снарядов. Но, верные своему долгу, молотовцы продолжали работать даже под обстрелами. И несмотря на фронтные условия работы, на предприятии было освоено производство новой продукции – мин гвардейских минометов, всем известным под названием «Катюша».

Не меньший вклад в обеспечение фронта внесли и эвакуированные вместе с Кировским заводом осенью 1941 г. в Челябинск рабочие и инженеры. Вместе с кировцами, харьковчанами и рабочими Челябинского тракторного завода они выпускали для танков «КВ» катки, ведущие ленивцы, опоры, другие части. В июне 1942 г. начали подготовку к выпуску новой машины «Т-34». В цехах наладили отливку стальных траков для танков, производство торсионных валов, других частей ходовой боевых машин.

Подвигу работников предприятия в годы Великой Отечественной войны нет цены – они не только выстояли, веря в победу над фашизмом, но и внесли огромный вклад в эту общую победу.

В мае 1944 г. «Завод № 346 им. Молотова» был выделен из состава Кировского завода и приказом Наркомата судостроительной промышленности СССР переименован в завод им. Молотова под литерным № 457.

Во время блокады Ленинграда завод в ходе обстрелов был превращен в руины. В 1944 г. началось его возрождение. Пятьдесят шесть человек и 2 млн руб., выделенные на его восстановление, – вот те ресурсы, которыми располагали назначенный директором завода Самуил Никитович Задорожный и главный инженер Эльмар Яковлевич Лепинь. Остро ощущался недостаток квалифицированных рабочих, инструментов, сырья, продуктов питания...

Заводчане трудились по 12 часов в сутки, хотя большая их часть работ не оплачивалась. К началу 1945 г., благодаря самоотверженному труду коллектива, «Завод № 457 им. Молотова» был включен в число действующих. Еще два года потребовалось, чтобы полностью восстановить большинство цехов и паропыпытательную станцию.

Параллельно с восстановлением завода решались стратегические задачи, выполнялись производственные планы, осваивались новые виды продукции. Несмотря на то, что в 1945 г. номенклатура выпускаемой заводом продукции еще носила случайный характер, для изготовления арматуры уже был спроектирован и изготовлен первый скальчатый кондуктор со сменными плитами для

разных деталей. В народном хозяйстве страны еще не была разработана теория групповых приспособлений, не было и самого этого термина – групповые и переналаживаемые приспособления. Высокий уровень оснащенности производства, заложенный с момента запуска восстановленных цехов, позволил организовать производство арматуры на принципах, отличных от тех, которые применялись в довоенные годы.

Оставшиеся в живых после войны и блокады вместе с вернувшимися из эвакуации (в 1945 г. из Челябинска вернулась группа ведущих инженерно-технических работников и специалистов арматурщиков) и новым пополнением заводчане своим трудом, любовью к предприятию, верой в то, что он будет жить, возродили из руин свое предприятие. Частично был пущен чугуно-меднолитейный цех и к зиме 1945/1946 г. полностью подготовлено заводское энергохозяйство, создан механосборочный цех МХ-2, восстановлены МХ-1 и сталелитейный.

1946 г. был и решающим – от Наркомата судостроительной промышленности была получена первая производственная программа по выпуску серийной арматуры для трубопроводов воды, масла, нефтепродуктов, пара, воздуха. *Именно с этого момента теперь уже «Завод № 457 им. Молотова» продолжил свое развитие в качестве специализированного предприятия по производству серийной судовой арматуры.*

Значение серийного выпуска судовой арматуры для народного хозяйства совершенно очевидно – оно определяется темпами и размахом серийного строительства морского флота. Завод специализировался на выпуске запорных клапанов, задвижек, кранов условным проходом от 6 до 250 мм, условным давлением от 0,5 до 40 атм при температуре до 300° Цельсия.

Кроме того, было запущено изготовление сложного литья для компрессорных установок. Работали уже все основные цеха, механический цех, закончено строительство первой очереди фасоносталелитейного цеха, восстановлена паропыпытательная станция для испытания судовой арматуры.

За свою работу в 1946 г. при подведении итогов по Министерству судостроительной промышленности «Завод № 457 им. Молотова» неоднократно получал первые места и переходящие знамена Министерства и ВЦСПС (Всесоюзного центрального совета профессиональных союзов). В декабре 1946 г. завод получил переходящее знамя Совета Министров.

Послевоенный этап в развитии нашего, как и многих других советских предприятий, был подчинен двуединой задаче: восстанавливая собственные производственные мощности, способство-

вать техническому прогрессу в целом. Перед предприятием, выполнившим в 1946 г. план производства на 137%, в 1947 г. были поставлены не менее амбициозные задачи: завод должен был выполнить производственную программу, на 65% превосходящую показатели предыдущего года.

Располагая пока еще ограниченными технологическими и конструкторскими возможностями, руководство завода (директором которого до 1952 г. был С.Н. Задорожный) делает упор на то, чтобы весь комплекс производственных процессов стал прочной основой для внедрения наиболее передовых методов и техники. Именно поэтому при разработке конструкций, технологий и оснастки в основу были положены принципы унификации, серийности и типизации. В результате проведенной унификации только по группе клапанов было сокращено 9 типоразмеров, а в результате подетально-конструктивной унификации по этой группе было сокращено 70 деталей из 371.

Из 5 различных конструкций клапанов для грелок парового отопления было сокращено 4 типоразмера, а вместо них разработан один унифицированный клапан «Косва», более экономичный в эксплуатации.

Завод одним из первых осуществил метод вихревого нарезания трапецидальной резьбы на бронзовых шпинделях. Эту работу возглавлял инженер М. С. Кашанский, труды которого впоследствии станут популярны не только в нашей стране, но и за рубежом.

В 1948 г. предприятие приступило к разработке судовой арматуры, отработке новых видов изделий и их серийной поставке для ВМФ, в первую очередь для первых советских атомных подводных лодок пр. 627А «Кит», которые проектировало и строило СКБ-143 (известное сегодня как СПМБМ «Малахит»).

Значительно продвинулось предприятие и в области механообработки (освоены многие новаторские для того времени типы обработки металлоизделий), и в развитии литейки (достаточно упомянуть машинную формовку, кокильное литье и литье в оболочковые формы, внедрение быстросохнущих смесей на стальном литье, применение закрытых приливей в 90% цветного литья), и в усовершенствовании методов штамповки.

В течение 50-х гг. прошлого столетия завод значительно расширился: построен новый механосборочный цех № 43; проведена большая реконструкция цехов № 42 и № 47; за счет пристроек увеличены площади цехов № 41 и № 46; реконструирован бронзолитейный цех (он стал одним из лучших литейных цехов Ленинграда); создана машиносчетная станция. Были осуществлены и многие другие тех-

нические мероприятия, давшие большой экономический эффект.

Работающий на обеспечение военноморского флота завод № 457 имени Молотова в 1960 г. переименован в «п/я 604».

С 1961 г. ЦКБ, входящее в состав завода (бывшее СКБ-457), создает уникальные дистанционно-управляемые исполнительные механизмы (ДУИМы) с обеспечением автоматического управления судовыми системами и энергетическими установками атомных подводных лодок 2-го и 3-го поколений.

В феврале 1964 г. на базе завода как головного было образовано Ленинградское объединение арматурных заводов «Ленарматура», куда вошли также «Завод им. Лепсе», «Знамя труда», «Литейно-механический завод» и «ЦКБ арматуры». Объединение обеспечивало выпуск арматуры, штамповок и поковок, стальных товаров народного потребления, изделий и запчастей для сельского хозяйства, производилось чугунное, стальное и цветное литье для нужд промышленных предприятий.

Однако уже через год – в 1965 г. – производству № 1 Ленинградского объединения «Ленарматура» возвращают наименование «п/я 604» и в январе 1966 г. передают воссозданному Министерству судостроительной промышленности СССР. Начинается освоение и серийный выпуск арматуры и автоматических дистанционно-управляемых исполнительных механизмов (АДУИМ) для комплектования кораблей ВМФ новых поколений и атомного флота. Наряду с этим продолжилось производство арматуры и литья для народнохозяйственных объектов страны.

«Знамя Октября» – это имя, символизирующее подъем предприятия и его расцвет, завод получил в 1966 г. В 1973 г. на его базе образовано производственное объединение (ПО) «Знамя Октября», куда вошли завод «Знамя Октября» и ЦКБ «Знамя Октября». Директором нового объединения был назначен Владимир Герасимович Карзов – человек, который подчинил развитию предприятия каждый день своей жизни.

Цели создания объединения – повышение качества и ускорение создания и освоения дистанционно-управляемых механизмов для подводных и надводных кораблей ВМФ страны; обеспечение высоких требований длительного автономного плавания кораблей и подводных лодок, с гарантированным ресурсом и надежностью – были достигнуты.

В результате напряженной творческой работы ИТР, рабочих и служащих в сжатые сроки были решены сложные инженерные задачи, такие, как разработка и внедрение принципов проектирования специальной судовой арматуры и ДУИМ на основе параметрических рядов,



**В.Г. Карзов**

широкой унификации и стандартизации элементов конструкций, деталей, узлов и изделий; разработка и применение блочного проектирования с использованием унифицированных блоков, разработка и внедрение сквозной конструкторско-технологической классификации деталей и сборок судовой специальной арматуры и ДУИМ.

На основе классификации и анализа действующей номенклатуры деталей была перестроена структура производства с предметной специализацией механосборочных цехов на их подетальную специализацию с организацией предметно-замкнутых участков, специализирующихся на выпуске типовых групп деталей.

В составе предметно-замкнутых участков было организовано 12 предметно-поточных линий, оснащенных высокопроизводительным оборудованием в первую очередь станками с ЧПУ. Только в 1974–1975 гг. их было внедрено 90 (укомплектовано 6 предметно-замкнутых специализированных участков). В 1977 г. уже 60% трудоемкости механической части выполнялось на станках с ЧПУ.

Были созданы и серийно освоены оригинальные малогабаритные конструкции специальной арматуры с увеличенным ресурсом, обеспечивающие их работу в течение 25-30 тысяч часов и сроком службы 10 лет, которыми были укомплектованы подводные лодки второго поколения, а также надводные корабли типа «Кондор», «Москва», «Арктика», «Крым» и многие другие.

Новые конструкции ДУИМ, используемые в системах комплексов, гидравлики, ВВД, балластно-осушительных и других на подводных лодках типа «Голубой залив», полностью удовлетворяли требованиям автоматизированных систем по безотказной непрерывной их эксплуатации в течение пяти лет.

С 1973 по 1977 г. не было получено ни одной рекламации по арматуре и ДУИМ, поставленным на заказы ВМФ.

В 1970–1980-е гг. НПО «Знамя Октября» совместно с ЦКБ судовой арма-

туры продолжает внедрять разработки по созданию системы комплексной механизации и автоматизации машиностроительных предприятий на основе типизации технологических процессов и применения групповых методов обработки. Осваивается производство новых сплавов, наплавов, конструкций изделий; внедряются современные способы получения отливок: оболочковое литье с применением холоднотвердеющих смесей, получение расплавов черных и цветных сплавов в индукционных печах, горячая объемная штамповка (включая титановые сплавы). В кооперации с проектными и научно-исследовательскими институтами выполняется большой объем арматуры, повышению ее надежности. Для развития серийного выпуска изделий создаются гибкие переменнo-поточные линии типовых групп деталей и гибкое автоматизированное производство.

В январе 1978 г. – в год 100-летнего юбилея – за большой вклад коллектива объединения в обеспечение технической совершенности изделиями кораблей ВМФ страны, своевременность их поставки на заказы, безаварийную работу и с учетом особого вклада в создание пр. С-355 объединение «Знамя Октября», до этого регулярно становившееся лучшим в отрасли, награждено орденом Трудового Красного Знамени.

В 1990-е гг. объединение расширяет номенклатуру и начинает осваивать производство изделий для газового хозяйства, энергетики, городского хозяйства. Однако вместе со всей страной оно переживает серьезный спад. Вообще 90-е гг. прошлого столетия отличались огромным количеством распадов, расформирований, преобразований. Не обошла эта участь стороной и наше предприятие: в 1991 г. ПО «Знамя Октября» преобразовано в государственное машиностроительное предприятие «Знамя Октября», а в 1993 г., в период массовой приватизации госсобственности, предприятие акционировано и переименовано в АОТ «Армалит». Положение на предприятии снова, как в революционные годы, становится крайне тяжелым, но заводу и на этот раз удается сохранить производственные мощности, коллектив и профиль деятельности.

В 1999 г. предприятие приобретает знакомое сегодня имя – ОАО «Армалит-1».

В 2006 г., когда на предприятие пришла новая команда топ-менеджеров, главной задачей стала разработка и реализация внутренних инновационных программ, направленных на развитие компании. Погасив долги (в том числе по заработной плате) предприятие приступило к улучшению условий труда сотрудников, серьезно задумалось об эффектив-



**Памятная стела в честь 100-летия завода, 1978 г.**

ном использовании производственных площадей. Претерпела изменения и политика взаимоотношений с клиентами; давние, наработанные связи были восстановлены и обновлены с учетом актуальных рыночных условий; для привлечения новых заказчиков была разработана специальная программа. Именно в этот период к неизменно высокому на протяжении целых десятилетий качеству продукции завода добавлена маркетинговая составляющая: «Армалит» теперь не просто удовлетворяет запросы потребителей в арматуре, литье и т.д., но и формирует потребительскую ценность и даже влияет на потребительские предпочтения, предлагая заказчикам более современные аналоги изделий и выводя на рынок новые.



**Генеральный директор АО «Армалит» А.В. Кузнецов открывает новый 42-й цех**

Результат не заставил себя ждать: объемы производства ОАО «Армалит-1» стали расти, а с ними и уровень доходности предприятия. Однако высокая конкуренция, устаревший парк оборудования, отсутствие системы бюджетирования на предприятии – все это заставило решать новые масштабные задачи. И в 2009 г. был дан старт глобальной программе технико-технологического перевооружения производства. Обновлен станочный парк в литейном, модельном, инструментальном, механосборочных цехах. Переоснащена центральная заводская лаборатория, а также введена в строй рентгено-

рафическая лаборатория, позволяющая применять современные способы неразрушающего контроля, введен в эксплуатацию сварочный участок, совершенствуется испытательная и исследовательская базы (климатическая камера). Открыт цех по производству трехэксцентриковых дисковых затворов, оснащенный новейшим оборудованием. Все эти изменения позволили в 3–7 раз повысить производительность труда и сократить сроки изготовления, а применение высокоточных средств измерения и контроля прямо повлияло на рост качества продукции.

Производство судовой трубопроводной арматуры (ассортимент которой составляет более 5,8 тысяч наименований) – основное направление деятельности АО «Армалит». Из 20 000 наименований номенклатуры предприятие особенно гордится продукцией, разработанной собственным конструкторским бюро, поскольку она не уступает, а часто и превосходит лучшие отечественные и зарубежные аналоги. Так, силами конструкторов «Армалита» за несколько лет были разработаны и запущены в производство линейки шаровых кранов, дисковых затворов, арматуры для перевозки сжиженных углеводородов и наземных стартовых комплексов для космодро-

мов, оборудование, применяемое на АЭС, электроприводы, шкафы управления и многое другое.

Продукция предприятия используется в разных сферах промышленности, включая гражданское судостроение, при постройке судов специального назначения, военных кораблей и подводных лодок ВМФ России.

За прошедшие годы на заводе был оптимизирован производственный процесс; с нуля запущены несколько производственных участков, на 25% увеличился штат предприятия (в первую очередь, сотрудников рабочих специальностей),

продолжается переоснащение станочного парка. Началось внедрение системы «Бережливое производство», уже позволившее сократить продолжительность отдельных производственных процессов в 4 раза (с традиционных 74 до 18 дней). Полным ходом идет диагностика процессов для дальнейшего повышения эффективности работы.

Заботясь о будущем, «Армалит» сотрудничает с ведущими средними профессиональными и высшими учебными заведениями города в области машиностроения, вместе с ними готовит молодые профессиональные кадры и для себя, и для других петербургских предприятий. Ежегодно не менее 30 практикантов именно на предприятии приобретают первый опыт по рабочим и инженерным специальностям под руководством специалистов завода, профессионалов в области машиностроения. Талантливым и целеустремленным выпускникам Петровского колледжа, обучавшимся по специальности «Технология машиностроения», предлагают влиться в нашу семью – семью «Армалита».

Сегодня «Армалит» уверенно занимает лидирующие позиции в своей отрасли. Но, прежде чем достичь нынешнего своего положения и статуса – современной, динамично развивающейся компании, оснащенной по последнему слову техники, использующей в производстве лучшие современные технологии, располагающей вековым опытом производства судовой трубопроводной арматуры и являющейся центром компетенций отечественного арматуростроения, пережил немало взлетов и падений. Это – не повод забывать о прошлом, это – стимул двигаться дальше.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Барышников М.Н., Вишняков-Вишневецкий К.К. Иностранцы-предприниматели в Петербурге во второй половине XIX – начале XX века: состав, торговые и промышленные операции, общественная деятельность. – СПб., 2006. – 432 с.
2. Время Владимира Карзова. – Гатчина: Типография ООО «Северо-Западный печатный двор», 2013. – 184 с.
3. Господин коммерции советник // Собака.ру – 2008. – №61 (январь).
4. Метцель и К°. Список фабрик и заводов России за 1910 год, №8408. – 337 с.
5. Проспект «Знамя Октября»/ Под ред. Р.Н. Корженевской. – Л.: Лениздат, 1978.
6. <http://www.armalit1.ru/>
7. Сосипатрова О.А. Нарвская застава. – 2016. – №5 (349). – 8 с.
8. Толмечев И.Г. Очерки истории завода/Под ред. Е.Л. Раковского. – Л.: Лениздат, 1972. ■

**С** 20 по 22 сентября 2018 г. в Севастополе состоялась инновационная Межотраслевая научно-практическая конференция «Роль электрохимии в развитии энергетики и страны. Водородные технологии–2018», которая прошла под эгидой Министерства промышленности и торговли РФ, АО «Объединенная судостроительная корпорация» (ОСК), ФГУП «Крыловский государственный научный центр» и НТО судостроителей им. А.Н. Крылова на базе Черноморского высшего военно-морского ордена Красной Звезды училища им.П.С. Нахимова – знакового места с глубокой историей и фундаментальными традициями.

Организаторами мероприятия выступили АО «Специальное конструкторско-технологическое бюро по электрохимии с опытным заводом» (СКТБЭ), г. Москва, и Севастопольский государственный университет.



**Черноморское ВВМУ им. П.С. Нахимова**

Крым не случайно был выбран местом проведения конференции. Сегодня он, являясь экологически чистым курортным регионом, взял курс на отказ от углеводородной энергетики и переход на водородную энергетику. Это особенно актуально в данный момент в связи со стечением целого ряда обстоятельств (искусственная изоляция, энергетическая блокада со стороны Украины и т.д.). По сути, Крым превратился в уникальный полигон для реализации

## НА ПОРОГЕ НОВОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭРЫ

**В.В. Дударенко**, председатель совета директоров  
ООО «Судпромкомплект»,  
контакт. тел. (495) 617 3948

интересных стартапов и инновационных проектов, прежде всего энергетических.

Сегодня, как никогда, водородная энергетика становится мировым трендом и локомотивом развития ведущих стран. Не зря ее называют «энергией будущего», «зеленой энергетикой», которая преобразит облик городов, где автомобили, заправочные станции, тепло и электроэнергия в домах будут работать на водороде. В настоящий момент глобальные инвестиции в водородную энергетику, по разным оценкам, составляют 0,85–1,4 млрд. евро в год. С такой финансовой подпиткой эра «водородной экономики» наступит гораздо раньше, чем представляется сейчас. Водородная энергетика пронизывает автомобильный, железнодорожный транспорт. Водородные заправки появляются в центрах мировых столиц и на крупных автомагистралях в США, Канаде и Норвегии. В Германии, Дании, Китае и Японии курсируют пассажирские поезда на водороде.

Интересные тенденции наблюдаются и в сфере энергетики морского транспорта, где для широкого внедрения водородных топливных элементов уже давно созданы международные консорциумы и ассоциации – FellowSHIP, Fuel Cell Boat BV и Marine Hydrogen&Fuel Cell Association (MHFCA). Исландия переводит все рыболовецкие суда, катера и яхты на водород, получаемый за счет геотермальной энергии. В США строится пассажирский паром-катамаран «Water-Go-Round» («Кругово-

рот воды») – первый в мире корабль на водородных топливных элементах, который должен стать примером для перевода на водородное топливо всего мирового судоходства. Согласно исследованиям Сандийских национальных лабораторий, уже в ближайшем будущем пассажирские паромы перейдут на водородное топливо.

Особенно водородная энергетика актуальна для военно-морской сферы. Так, в Германии, Испании и Японии уже серийно строят подводные лодки с воздухонезависимыми энергетическими установками (ВНЭУ) на водородном топливе. Такие лодки также есть в Швеции, Италии, Греции, Израиле, Пакистане, Индии, Китае и Корее. Оснащение подводных лодок ВНЭУ заметно расширяет их боевой потенциал: топливные элементы работают совершенно бесшумно и практически не выделяют тепла и вредных выбросов, одновременно обеспечивая корабль неограниченным ресурсом подводного хода, сопоставимым с атомными субмаринами. Такие лодки могут находиться в подводном положении гораздо дольше, чем традиционные дизель-электрические, оставаясь при этом невидимыми на больших глубинах не только для сонаров, но и для инфракрасных локаторов. Все это проблески новой эпохи исторической эволюции подводного флота. Параллельно с интенсивной разработкой водородных топливных элементов для подводных лодок аналогичные работы проводятся и для надводных кораблей.



**Участники конференции**



**Подводная лодка на водородных топливных элементах U-34 пр. 212A (Германия)**



**Подводная лодка «Огу» типа Soryu на литий-ионных батареях (Япония)**

Перед Россией стоит новая стратегическая задача – не оказаться в хвосте эпохального процесса. Именно поэтому работа прошедшей конференции была направлена на поиск перспективных направлений инновационного развития электрохимии в отечественной энергетической отрасли. В результате главной целью конференции стали определение уровня передовых достижений в области электрохимии, обмен опытом и мнениями, выявление проблем и перспективных векторов развития электрохимии в энергетической отрасли, а также выработка научно-обоснованных рекомендаций по повышению эффективности выполнения работ, направленных на обеспечение высокого качества продукции и импортозамещение.

В работе конференции приняли участие более 150 ученых и специалистов, представлявших 45 ведущих профильных научных институтов и крупных производственных организаций энергетической отрасли, химического машиностроения, судостроения и оборонно-промышленного комплекса.

Среди них следует отметить Институт проблем химической физики РАН, г. Черноголовка; ФГУП «Крыловский государственный научный центр», г. Санкт-Петербург; АО «ЦКБ МТ «Рубин», г. Санкт-Петербург; АО «Радиовый институт имени В.Г. Хлопина», г. Санкт-Петербург; Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН, г. Екатеринбург; АО «Концерн «НПО «Аврора», г. Санкт-Петербург; ФГУП Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики («РФЯЦ–ВНИИЭФ»), г. Саров; ФГУП «Российский научный центр «Государственный институт Прикладная химия», г. Санкт-Петербург; ФГАОУ ВО «Московский физико-технический институт (государственный университет)», г. Долгопрудный; Институт физики твердого тела РАН, г. Черноголовка; Филиал

«Центральный научно-исследовательский институт судовой электротехники и технологии» («ЦНИИ СЭТ») и многие другие научные и производственные организации.

Особого внимания заслуживает участие в конференции представителей ВМФ РФ, а также делегатов руководства Республики Крым и города Севастополь, которые приняли активное участие в обсуждении всех поставленных вопросов.



**Генеральный директор АО «СКТБЭ» А.Е. Яцук на открытии конференции**

При этом среди участников конференции были не только люди почтенного возраста, но и молодые ученые.

География участников конференции также оказалась более чем обширной – 17 регионов страны, таких как Москва, Санкт-Петербург, Севастополь, Республика Крым, Московская, Тамбовская, Ростовская, Нижегородская, Челябинская, Свердловская, Новосибирская области и т.д. Другими словами, на мероприятие съехались люди со всех концов страны. Были также представители ближнего зарубежья – Республики Беларусь.

В рамках конференции были проведены пленарное заседание и научные сессии по трем тематическим направлениям: применение технологий, исполь-

зуемых в системах электрохимической регенерации воздуха, для развития энергетической установки – вклад в энергетическую страну; водородные технологии – перспективные материалы, технологии и комплектующие.

Всеобъемлющему обсуждению подвергся широкий круг вопросов: передовые научно-технические решения и технологии; достижения в развитии стендовой и испытательной базы; направления развития научно-технического сотрудничества между предприятиями и отраслями промышленности в интересах развития электрохимии; необходимые меры для внедрения достигнутых научно-технических результатов в производство, в том числе в гражданском сегменте.

Всего было заслушано более 40 докладов и сообщений, затрагивающих не только вопросы научного характера, но и практического применения и внедрения полученных результатов.

Так, в своем докладе Ю.Б. Яненко (АО «СКТБЭ») рассмотрел проблемные вопросы создания беззащитных электрохимических систем регенерации воздуха (ЭХРВ) нового поколения для обитаемых герметизированных объектов различного назначения (как подводных, так и надводных) с целью повышения их надежности и эффективности в критических условиях эксплуатации, снижения массогабаритных характеристик, затрат и себестоимости. Также оценил перспективы внедрения научно-технических достижений АО «Специальное технологическое бюро по электрохимии» в области электрохимии, каталитической химии, создания новых композиционных материалов и водородных технологий для решения актуальных вопросов построения преобразователей и накопителей энергии, в том числе для возобновляемых источников энергии, водородной энергетики, создания умных сетей электроснабжения (Smart grid) с целью выработки научно-обоснованных



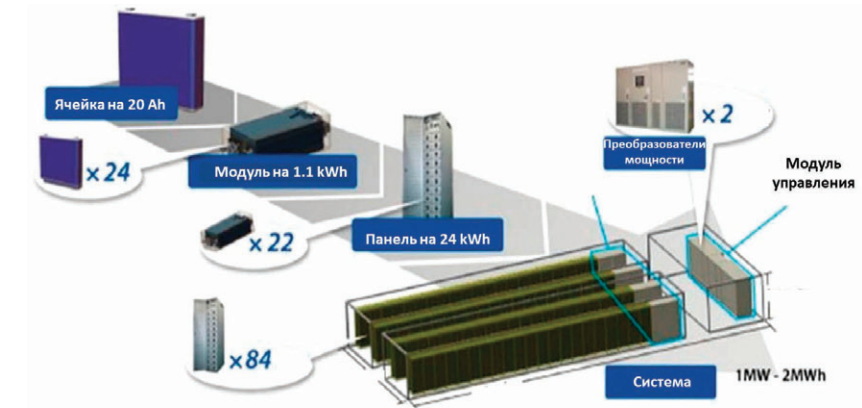
Ю.Б. Яненко, АО «СКТБЭ»

подходов и рекомендаций по повышению энергоэффективности и качества продукции, импортозамещению.

Представитель АО «ЦКБ МТ «Рубин» С.И. Королев резюмировал опыт эксплуатации систем ЭХРВ на подводных лодках настоящего и прошлых поколений, указав на приоритетное для повышения надежности и эксплуатационных характеристик направление их развития – унифицированная система ЭХРВ раздельного типа, которая может быть применима к атомным и неатомным подводным лодкам.

М.А. Конопелько (Институт высокотемпературной электрохимии УРО РАН) в своем докладе представил результаты исследований по вопросам применения расплавленных карбонатных электролитов в системах ЭХРВ в двух режимах – топливного элемента и электролизера. При этом последний был отмечен как наиболее предпочтительный для систем ЭХРВ в герметичных помещениях в силу высокой надежности, простоты конструкции и эксплуатации.

Большой интерес вызвал доклад Н.Н. Куртина (АО «СКТБЭ»), посвященный применению разнообразных катализаторов для оптимизации (ускорения) процесса переработки побочных продуктов химических реакций систем жизнеобеспечения на подводных лодках. В нем подробно рассмотрены катализаторы с носителем из активного оксида алюминия  $\gamma$ -модификации, блочные катализаторы на металлической основе, катализаторы на носителе на основе пеноматериалов с нанесенным вторичным носителем и каталитическим слоем кораллоподобной структуры, катализаторы с моноблочным керамическим высокопористым ячеистым носителем и др. Использование последнего видится крайне перспективным, так как нанесение каталитических веществ (Ni, Co, Pd, Pt, Cu, Ag и т.д.) на пористый носитель обеспечивает их тонкое диспергирование, создает большую удельную повер-



Пилотный проект системы накопления энергии с аккумуляторными батареями большой мощности, разрабатываемый АО «СКТБЭ»

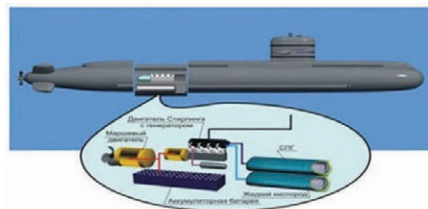
ность при оптимальных размерах пор и повышает термостойкость катализатора, затрудняя спекание его кристаллов, разобленных на поверхности носителя. При этом наиболее перспективным направлением в разработке катализаторов является синтез оксидных матриц, состоящих из металлического первичного носителя, вторичного носителя на основе оксидов и гидроксидов алюминия.

дупло-каталитический генератор  
ии в развитии энергетики и стран  
дные техноло  
8»  
сентября, Сева  
ль



Н.Н. Куртина, АО «СКТБЭ»

Не менее интересным был доклад представителя ФГУП «Крыловский государственный научный центр» Л.М. Клячко, посвященный воздухонезависимым энергетическим установкам (ВНЭЦ) субмарин зарубежных флотов. Докладчик охарактеризовал процесс оснащения неатомных подлодок ВНЭУ как основную тенденцию развития современного мирового кораблестроения,



Двигатель Стирлинга. Схема устройства

которая к 2030 г. выйдет на ключевые позиции. При этом в ближайшей перспективе основным типом ВНЭУ останется электрохимический генератор (ЭХГ), а в будущем приоритет будет за энергоустановками на базе твердооксидных топливных элементов, которые могут быть использованы в надводном кораблестроении, гражданском судостроении и других отраслях.



Стенд для испытания макета каталитического реактора

Доклад С.С. Худякова содержал подробный обзор комплекса работ АО «ЦКБ МТ «Рубин» по созданию воздухонезависимых энергетических установок и результатов стендовой отработки их экспериментальных образцов. Большое внимание было уделено описанию технологии получения водорода для ВНЭУ методом риформинга дизельного топлива двухступенчатым способом.

The A26 Submarine

<b>Main Data</b>	
Displacement	~ 1600 tonnes
Pressure Hull	~ 6.2 m
Length	~ 63 m
Crew	~ 20 men

**Air Independent Propulsion (AIP) System**

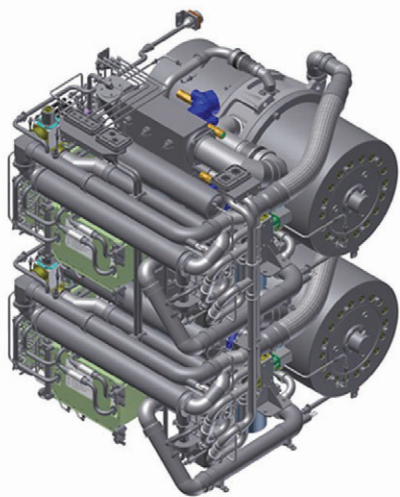
- The latest version of the proven and reliable Stirling AIP System will be used
- Swedish Navy submarines have accumulated over 40,000 hours of Stirling AIP Operations to date with the predecessor to this system

ThyssenKrupp Marine Systems  
Kockums



За период с 2008 г. АО «ЦКБ МТ «Рубин» был проделан значительный объем как теоретических, так и практических исследований. Проработаны элементы конструкций, накоплено большое количество экспериментальных данных, позволяющих говорить о том, что данная технология реализуема с высокой степенью эффективности. Выполненные проектные работы, результаты проведенных экспериментов и испытаний созданных образцов показывают реализуемость ВНЭУ по выбранной технологии.

В настоящее время процесс создания установки находится в высокой степени готовности и может быть завершен в достаточно короткие сроки. Получение ВНЭУ позволит решить вопросы с модернизацией НАПЛ, а также расширит спектр задач, выполняемых ими. Кроме того, создание ВНЭУ позволит сохранить положение Российской Федерации на мировом рынке вооружений и военной техники, поскольку практически все потенциальные заказчики НАПЛ одним из основных вопросов ставят вопрос о комплектации НАПЛ ВНЭУ. При этом немаловажным фактором рассматрива-



*Воздухонезависимая энергетическая установка, созданная АО «ЦКБ МТ «Рубин» на базе электрохимических генераторов*



#### **Водород в российских БПЛА**

ют вопрос применения таких энергетических установок на кораблях потенциального поставщика.

В своем выступлении С.С. Худяков отметил, что АО «ЦКБ МТ «Рубин» уже проработан вопрос о возможности использования ВНЭУ как для стационарных, так и для мобильных установок, предназначенных для работ на морском шельфе, а также в набирающей популярность тематике морской робототехники.

Особый интерес у участников конференции вызвало содержательное выступление Ю.А. Добровольского из Института проблем химической физики РАН, который представил панорамный обзор основных электрохимических источников энергии и устройств на их основе, а также провел сравнительный анализ возможностей использования таких устройств в мобильной технике и на транспорте. Кроме того, докладчик проанализировал барьеры на пути внедрения электрохимических устройств в гражданской и военной техносферах и озвучил возможные пути их преодоления. При этом он заострил внимание на рассмотрении принципов работы и конструктивных особенностей современных электрохимических генераторов на основе низкотемпературных топливных элементов, а также на их использовании на пилотируемом и беспилотном транспорте.



*Судно «Planet Solar Turanor» на электродвигателях*

В докладе М.А. Касаткина (ЦНИИ «СЭТ») были детально рассмотрены результаты деятельности направления водородной энергетики (НВЭ), являющегося структурным подразделением «Крыловского государственного научного центра» («КГНЦ»), по созданию энергоустановок на топливных элементах и химических источниках тока в интересах судостроения и ВМФ. В рамках реализации отечественной концепции развития корабельных ЭУ на топливных элементах с твердополимерным электролитом была разработана серия работающих на водороде и кислороде батарей – БТЭ-84 (5 кВт), БТЭ-50В (50 кВт), БТЭ-50К (50 кВт). На их основе был создан целый ряд энергоустановок: резервная энергоустановка РЭУ-5, автомобильная энергоустановка АЭУ-20, гибридная энергоустановка МГЭУ-60, работающая на конвертированном в водород дизельном топливе, с утилизацией тепла выхлопных газов в турбогенераторе и др. Кроме того, были достигнуты успехи в области разработки воздухо-независимых энергоустановок с системой утилизации продуктов окисления (УПО), ЭУ на твердооксидных топливных элементах (ТОТЭ) и альтернативных энергоустановок с водородным накопителем энергии. В рамках второго направления было отмечено создание энергоустановки планарной конструкции.

В докладе С.А. Живулько были представлены многочисленные разработки и достижения НВЭ «КГНЦ» в области создания эффективной, надежной и безопасной системы хранения и генерации водорода для энергоустановок на топливных элементах для морских объектов. Приведен детальный анализ системы хранения водорода в химически связанном состоянии с использованием боргидрида натрия, газобаллонной системы хранения водорода во встроенных в междубортное пространство криволинейных титановых баллонах (под давле-

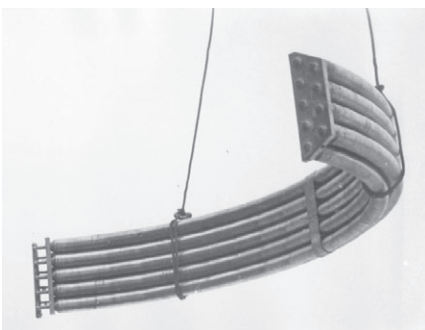


**Гибридная энергоустановка МГЭУ-60**



**Энергоустановка с ТОТЭ планарной конструкции**

нием до 40 МПа), системы хранения на базе интерметаллидных накопителей и системы генерации водорода на борту путем конверсии жидкого органического топлива. Основной акцент был сделан на технологии генерации водорода из углеводородного топлива, базирующейся на принципе паровой конверсии с отбором водорода из зоны реакции, и специально созданном для ее проведения моноблочном конвертере. Данная технология принципиально новая и уникальная для отечественной промышленности, ее успешное внедрение откроет путь к широкому распространению энергоустановок на топливных элементах как в стационарной, так и в транспортной энергетике гражданского и военного назначения.



**Криволинейные титановые баллоны**



**Моноблочный конвертор**

А.В. Балакин в своем выступлении презентовал разработанную АО «Концерн «НПО «Аврора» технологию разработки систем автоматического управления воздуонезависимыми энергетическими установками для морских подводных объектов. В ее основу заложено имитационное моделирование работы энергоустановки (ЭУ) и ее системы управления (САУ) и последующая стендовая отработка конечного изделия. Для этого на указанном предприятии создаются специальные имитационно-моделирующие комплексы (ИМК), состоящие из двух базовых частей – аппаратной части (прибор ПСО с платами ввода/вывод, быстродействующий компьютер) и комплекса моделей, описывающих объект.



**Имитационный отладочный комплекс с разрабатываемой системой автоматического управления (САУ)**



**Стенды моделирования и экспериментальной отработки автономного необитаемого подводного аппарата (АНПА)**

С их помощью разрабатываются имитационная модель ЭУ и ее САУ. Стержнем этого процесса является принцип модульного программирования: модель сложного объекта управления формируется из функциональных модулей, описывающих работу отдельных элементов моделируемого объекта. Применение данного принципа дополняется принципом исследовательского проектирования. Далее с помощью ИМК происходит практическая отработка систем управления. В конце своего выступления А.В. Балакин продемонстрировал отработанные на экспериментальных стендах концерна системы управления ВНЭУ с электрохимическими генераторами для неатомных субмарин и автономных необитаемых подводных аппаратов (АНПА).



**Совещание модераторов конференции**



**Награждение дипломом молодого ученого А.Д. Ложкина**

По итогам проведенных пленарных, секционных заседаний и дискуссий участники конференции пришли к следующему выводу: интенсивному развитию водородной энергетики в современной России во многом препятствуют отсутствие системного подхода к данному вопросу, низкий уровень координации и обеспечения межотраслевого взаимодействия, а также отсутствие специального государственного органа федерального уровня, ответственного за системное развитие указанной сферы.

Для решения этих проблем разработан комплекс мероприятий, отраженных в виде рекомендаций в резолюции конференции:

Во-первых, для реализации единой промышленной и научно-технической политики по развитию водородной энергетики коллегия Военно-промышленной комиссии РФ следует рассмотреть вопросы о назначении руководителя приоритетного технологического направления по водородной энергетике и создании межотраслевого координационного совета по данному направлению.

Во-вторых, с целью повышения технического уровня водородно-энергетических разработок и уровня их конкурентоспособности на внутреннем и международном рынках Минпромторг РФ совместно с рядом других заинтересованных министерств, ведомств и госкорпораций необходимо разработать межотраслевую комплексную целевую программу по развитию данного направления техники, включая разработку систем электрохимической регенерации воздуха (ЭХРВ) для надводных кораблей взамен фильтрующей системы очистки воздуха, воздухонезависимых энергетических установок непрерывного действия на базе гидролиза порошкового алюминия с совместным использованием электрохимического генератора и паровой микротурбины, энергетических установок на твердооксидных топливных элементах и т.д.

В-третьих, в интересах эффективного развития отечественной энергетики в русле импортозамещения Минэнерго России следует выбрать в качестве одного из приоритетных направлений создание мобильной водородной энергетической платформы (станции) с целью обеспечения заправки мобильных потребителей водорода высокого давления, зарядки мобильных электропотребителей, а также электроснабжения стационарных электропотребителей, удаленных от сетевых источников энергии. Кроме того, следует разработать предложения по созданию сети водородных заправочных станций на промышленной основе для обеспечения мобильных потребителей водорода и электропотребителей.

Участники конференции особо отметили необходимость более тесного научного и технического сотрудничества предприятий различных министерств и ведомств, вузовской и академической науки в развитии водородной энергетики. Именно поэтому целесообразно проводить данную конференцию на регулярной основе, уже сегодня сформировав оргкомитет будущей конференции «Водородная энергетика–2019» и приняв меры к расширению состава участников, в том числе за счет государственных заказчиков и представителей частного бизнеса.



**Заключение соглашения о сотрудничестве между АО «СКТБЭ» и Черноморским ВВМУ им. П.С. Нахимова**

По итогам конференции участникам также удалось достигнуть несколько договоренностей о реализации конкретных практических мероприятий в русле ключевой тематики:

- заключено соглашение о научно-техническом и инновационном сотрудничестве между АО «СКТБЭ» и Черноморским ВВМУ им. П.С. Нахимова, которое предусматривает проведение совместных исследований по совершенствованию процессов технической экс-

водорода на мощностях партнеров, экспортная логистика сжиженного водорода танкерами, водородные заправки и многое другое;

- подписан договор о намерениях с ООО «Судпромкомплект» о поставках серии водородных энергетических станций для крымской энергетической системы.

Завершение конференции ознаменовалось экскурсией для всех ее участников на легендарный крейсер «Москва» – флагман Черноморского ВМФ.



**Крейсер «Москва» в Севастопольской бухте**

плуатации систем ЭХРВ, натуральных экспериментов по исследованию функционирования систем после их погружения в морскую воду, организацию совместных научно-инновационных мероприятий, а также проведение совместной практики и стажировки.

- проведены переговоры с ГУП РК «Черноморнефтегаз», одним из ведущих предприятий Крыма, серьезно занимающимся формированием глобального рынка водорода. Во время этих переговоров обсуждались возможные пути дальнейшего сотрудничества по таким перспективным направлениям, как производство

В заключение хочется отметить, что конференция оказалась весьма насыщенной и интересной и, безусловно, внесет свой вклад в развитие отечественной электрохимии и энергетики. Особо стоит отметить своевременность ее проведения, так как сегодняшний глобальный переход многих отраслей промышленности на новые методы производства качественных продуктов и развитие экологически чистого транспорта приведут в XXI в. к взрывному росту мирового спроса на водород. Все предложенные в резолюции конференции мероприятия являются более чем актуальными и перспективными на пороге эры новой энергетики. ■

**И**мпульсные помехи возникают в электрической сети при коммутации потребителей электроэнергии, работе полупроводниковых преобразователей электроэнергии и другого электронного оборудования, при аварийных процессах. Длительность импульсов напряжения может составлять от десятков наносекунд до миллисекунд, а амплитуда (максимальное отклонение от рабочего напряжения) может превышать 1 кВ.

Наносекундные импульсные помехи способны вызвать сбои цифровой техники, а микросекундные и миллисекундные импульсы могут разрушить электронные элементы. Импульсные помехи распространяются от точки возникновения по судовым силовым кабелям, вызывая наведенные напряжения в соседних информационных кабелях и воздействуя на электронное оборудование по цепям питания и передачи информации. При проведении работ по обеспечению электромагнитной совместимости важно оценить параметры импульсных помех, воздействующих на оборудование. Длительность фронта наносекундных помех может быть менее 5 нс, что предопределяет необходимость рассматривать кабели как длинные линии с распределенными параметрами.

Общий подход к расчету описан в [1]. Математические модели расчета распространения напряжений по многопроводным линиям в частотной и временной области даны в [2]. Новый подход к расчету распространения электромагнитной волны по кабелям приведен в [3], а расчет во временной области с учетом скин-эффекта в [4]. В статье [5] показана реализация SPICE модели на основе применения функции Грина. Расчеты в линиях с сосредоточенными элементами, новые модели в расчетах и подходы к ним приведены в [6–8]. Принципиально новое представление о распространении импульсных высоких напряжений и токов по кабелю наведено в [9].

Для использования всех перечисленных подходов к расчету импульсных напряжений в точке размещения электронного оборудования требуется знание волновых параметров судовых кабелей и особенности их прокладки. Волновые сопротивления силовых кабелей и кабелей управления не регламентированы, так как эти кабели не предназначены для передачи сигналов с наносекундными фронтами и других высокочастотных сигналов. Параметры затухания импульсных напряжений в этих кабелях также неизвестны. Некоторые требуемые параметры кабелей могут быть рассчитаны на основе формул, приведенных в [1, 10–12]. Но погрешности расчета параметров применительно к судовым кабелям также неизвестны. Цель работы – экспериментальное определение параметров судовых кабелей, необходимых для расчета распространения наносекундных импульсных помех, и оценка погрешности существующих формул расчета этих параметров. Важно проверить применимость методов расчета распространения импульсов напряжения для реальных судовых кабелей, оценить максимально возможные наведенные напряжения в кабельных трассах.

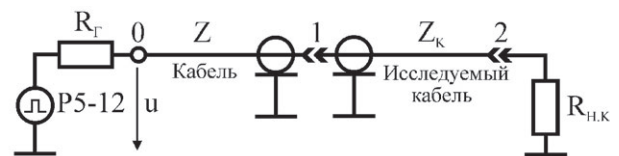
**МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ**

Волновое сопротивление каждой пары жил кабеля и всех каналов распространения может быть определено методами импульсной рефлектометрии. Измеритель неоднородностей линии (рефлектометр) P5-12 (рис. 1) содержит импульсный генератор с внутренним сопротивлением  $R_{\Gamma} = 50$  Ом и штатный кабель длиной  $l = 1,6$  м с волновым сопротивлением  $Z = 50$  Ом. Встроенный осциллограф позволяет наблюдать напряжение в точке 0. Генератор создает ступеньку напря-

**РАСПРОСТРАНЕНИЕ НАНОСЕКУНДНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ ПОМЕХ В СУДОВЫХ КАБЕЛЯХ**

*А.А. Ахрестин, инженер-конструктор 3-й категории,  
М.А. Ахрестин, инженер-конструктор 2-й категории,  
П.А. Крюков, инженер-конструктор 3-й категории,  
Д.В. Шамановский, инженер-конструктор 3-й категории,  
АО «Санкт-Петербургское морское бюро машиностроения «Малахит»,  
контакт. тел. (812) 242 1554*

жения с фронтом менее 1 нс или импульс регулируемой длительности в начале кабеля прибора. Волна напряжения и тока распространяется по кабелю прибора до точки подключения исследуемого кабеля 1, где отражается и возвращается через время  $t_{3}$  в точку 0 (см. напряжение  $u_{\text{отр}}$  на рис. 2). Выходное сопротивление генератора  $R_{\Gamma} = Z_{\text{и}}$  отражения в точке 0 не возникает. Частично волна переходит на исследуемый кабель и распространяется по нему до точки 2, где отражается от нагрузки.



*Рис. 1. Схема установки при исследовании волнового сопротивления кабеля*

Первый скачок напряжения соответствует зондирующей ступеньке напряжения  $u$  (рис. 2), второй скачок (а) – волне, отраженной от точки соединения кабелей 1, а скачок (б), наблюдаемый через время  $t_{3,к}$ , соответствует возвращению волны, отраженной от нагрузки исследуемого кабеля и преломившейся в точке 1 с коэффициентом  $2Z/(Z+Z_{\text{к}})$ .

Определив по осциллограмме (см. рис. 2) коэффициент отражения от точки 1

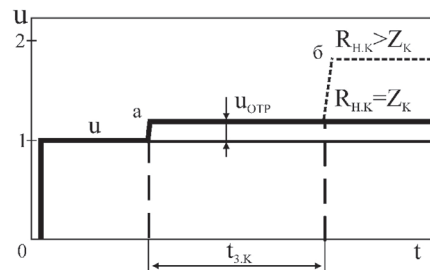
$$\alpha_{\text{отр}} = \frac{u_{\text{отр}}}{u},$$

можно рассчитать волновое сопротивление исследуемого кабеля по формуле

$$Z_{\text{к}} = Z \frac{1 + \alpha_{\text{отр}}}{1 - \alpha_{\text{отр}}}. \tag{1}$$

Скорость распространения волны по исследуемому кабелю можно определить по формуле (2), если подставить в нее длину этого кабеля и время задержки  $t_{3,к}$  из рис. 2:

$$v = \frac{2l}{t_{3,к}}. \tag{2}$$



*Рис. 2. Осциллограмма напряжения с исследуемым кабелем*

Волновое сопротивление можно также определить по значению сопротивления  $R_{\text{нк}}$ , при котором отсутствует отражение в точке 2, т.е. по отсутствию ступеньки б на осциллограмме

рис. 2. Измерения волнового сопротивления требуется повторить для каждой пары жил кабеля, для жилы относительно экрана (корпуса для неэкранированного кабеля), для группы жил относительно экрана (корпуса).

С помощью рефлектометра Р5-12 на жилы кабеля подается ступенька напряжения  $u = 5В$ . На экране встроенного осциллографа наблюдаем величину напряжения  $u_{отр}$  (рис. 3 и рис. 4).

U, В

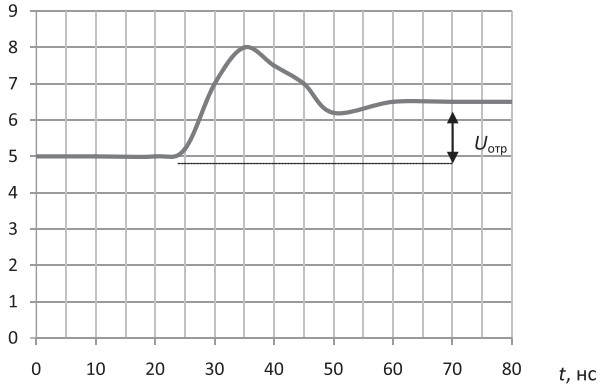


Рис. 3. Осциллограмма напряжения с исследуемым кабелем КМПВЭ 7x2,5 мм² в цепи Красная жила-Жила 2

U, В

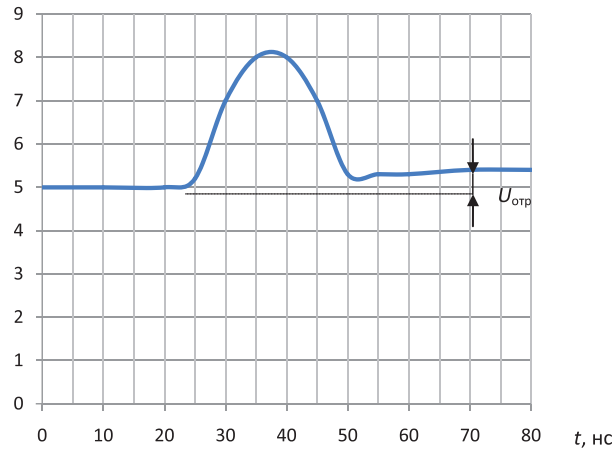


Рис. 4. Осциллограмма напряжения с исследуемым кабелем КМПВЭ 7x2,5 мм² в цепи Красная жила-Экран

Аналогичным образом проводим измерения для других цепей. По формуле (1) с учетом выходного сопротивления генератора  $Z = 50$  Ом вычисляем волновое сопротивление исследуемого кабеля  $Z_k$ , показания заносим в табл. 1.

Таблица 1

**Волновое сопротивление каналов распространения экспериментальное**

Цепь	u	u <sub>отр</sub>	u <sub>отр</sub> /u	Z <sub>k</sub> , Ом
Жила К – Жила 1	5	1,15	0,23	79,8
Жила К – Жила 2	5	1,5	0,3	92,9
Жила К – Жила 3	5	1,6	0,32	97,1
Жила К – Жила Ц	5	1,1	0,22	78,2
Жила К – Экран	5	0,3	0,06	56,4
Жила Ц – Экран	5	0,5	0,1	61,1
Жилы (К+С) – Экран	5	-0,6	-0,12	39,3
Жилы (К+С+Ц) – Экран	5	-1,05	-0,21	32,6
Жилы (К+С+Ц+1) – Экран	5	-1,8	-0,36	23,5
Все Жилы – Экран	5	-2,2	-0,44	19,5

Расчет распределенных параметров линии может быть выполнен по формулам, приведенным в [1, 10].

Для двух проводников диаметром  $d$ , оси которых разнесены на расстояние  $D$ , можно рассчитать коэффициент

$$K_w = \frac{1}{\pi} \operatorname{arccosh} \left( \frac{D}{d} \right);$$

для для двух коаксиально расположенных проводников диаметрами  $d_i$  и  $d_e$ :

$$K_w = \frac{1}{2\pi} \ln \left( \frac{d_e}{d_i} \right);$$

для для проводника диаметром  $d$  над проводящей поверхностью на высоте  $h$

$$K_w = \frac{1}{2\pi} \operatorname{arccosh} \left( \frac{2h}{d} \right);$$

Для конфигурации проводника диаметром  $d_i$  внутри проводящего экрана диаметром  $d_e$ , смещенного на расстояние  $D$  относительно центра, расчетная формула имеет вид

$$K_w = \frac{1}{2\pi} \operatorname{arccosh} \left( \frac{d_e^2 + d_i^2 - 4D^2}{2d_i d_e} \right);$$

С помощью рассчитанного коэффициента  $K_w$  можно определить погонные параметры линии и волновое сопротивление:

$$L = K_w \mu_0 \mu_r \text{ [Гн/м];}$$

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r / K_w \text{ [Ф/м];}$$

$$Z = \sqrt{\frac{L}{C}} = K_w \sqrt{\frac{\mu_0 \mu_r}{\epsilon_0 \epsilon_r}} = K_w Z_0 \sqrt{\frac{\mu_r}{\epsilon_r}} \text{ [Ом],}$$

где  $Z_0 = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} = 377$  Ом – волновое сопротивление свободного пространства.

Результаты расчета занесем в табл. 2.

Таблица 2

**Волновое сопротивление каналов распространения расчетное**

Цепь	$K_w$	L, мкГн	C, пФ	Z, Ом
Жила К – Жила 1	0,373	0,468	56,97	90,6
Жила К – Жила 2	0,414	0,521	47,35	104,3
Жила К – Жила 3	0,432	0,543	44,61	110,7
Жила К – Жила Ц	0,373	0,468	56,97	90,6
Жила К – Экран	0,238	0,299	89,28	57,87
Жила Ц – Экран	0,297	0,373	71,45	72,3
Жилы (К+С) – Экран	0,193	0,243	110,1	46,9
Жилы (К+С+Ц) – Экран	0,120	0,151	177,08	29,2
Жилы (К+С+Ц+1) – Экран	0,088	0,110	241,47	21,34
Все жилы – Экран	0,056	0,071	379,45	13,7

Сопоставив значения волнового сопротивления, полученные экспериментальным путем, со значениями волнового сопротивления, полученными расчетным методом, можем отметить их приблизительное равенство. При этом погрешность значений, полученных расчетным методом для данного типа кабеля, составило приблизительно 15%. Реальные кабели имеют конструкцию более сложную, чем перечисленные случаи. Данная погрешность обусловлена пренебрежением влиянием соседних жил кабеля, сопротивлением изоляции и т.п. Учитывая вышеизложенное, рас-

четный метод можно рекомендовать для приблизительной оценки величины волнового сопротивления кабеля. Для более точного определения распределенных параметров кабелей потребуется получение экспериментальных данных об этих параметрах.

## НАВЕДЕННЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ

Экспериментальное исследование распространения импульсных напряжений в кабельной трассе заключается в подаче импульсов в выбранную цепь кабеля от генератора и осциллографирования напряжений в этой цепи и в соседних цепях на ближнем и дальнем от генератора концах кабелей. При этом используются в качестве источников импульсных напряжений имитаторы импульсных помех наносекундной длительности по ГОСТ 30804.4.4 (ИПП-4000) и микросекундной длительности по ГОСТ 51314.4.5 (ИИП-1000). Это позволяет оценить распространения помех со стандартными параметрами. Имитатор пачек помех ИПП-4000 создает импульсные напряжения амплитудой до 4000 В длительностью 50 нс с фронтом 5 нс. Имитатор импульсных помех ИИП-1000 создает импульсные напряжения амплитудой до 1000 В длительностью 50 мкс с фронтом 1 мкс и позволяет оценить влияние увеличения длительности на изменение напряжения при распространении.

Необходимо проверить распространение как симметричных помех, подаваемых между жилами кабеля, так и несимметричных помех, подаваемых на жилу относительно экрана или земли.

В качестве расчетной модели распространения импульсных помех выбран метод распространяющихся волн. На этом этапе для оценки максимально возможных значений амплитуды импульсных помех полагаем отсутствие потерь в диэлектрике и жилах кабеля.

Параметры первого импульса на жилах кабеля КМПВЭВ 7×2,5 мм<sup>2</sup> при подаче на Красную жилу относительно Синей импульса напряжения от имитатора пачек помех ИПП-4000: выходное сопротивление ИПП-4000 составляет 50 Ом. Волновое сопротивление цепи Красная жила – Синяя жила – 77 Ом (рис. 5 и рис. 6).

Параметры первого импульса на жилах кабеля КМПВЭВ 7×2,5 при подаче на Жилу 1 относительно Синей импульса напряжения от имитатора пачек помех ИПП-4000: выходное сопротивление ИПП-4000 составляет 50 Ом. Волновое сопротивление цепи Жила 1 – Синяя жила составляет 97 Ом (рис. 7 и рис. 8).

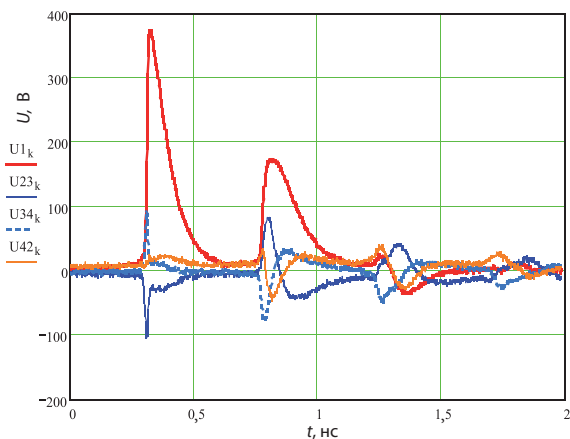


Рис. 5. Точка измерений – ближний конец кабеля, на который подается нс импульс напряжения

Напряжение, создаваемое в цепи Красная жила – Синяя жила (красная линия, амплитудное значение импульса – 373 В) и напряжение, наведенное в цепях: центральная жила – жила 1 (синяя линия, амплитудное значение импульса – минус 105 В), Жила 1 – Жила 2 (голубая линия, амплитудное значение импульса – 94 В), Жила 2 – центральная жила (оранжевая линия, амплитудное значение импульса – 38 В)

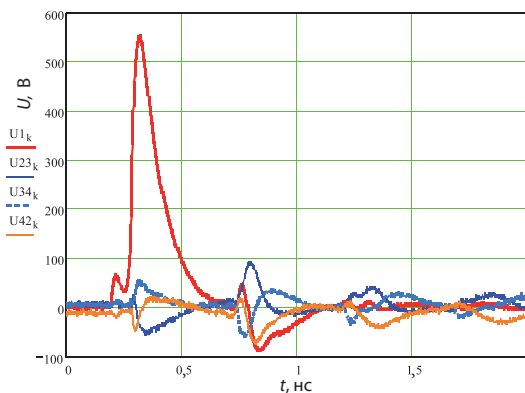


Рис. 6. Точка измерений – дальний конец кабеля. На ближний конец кабеля подается нс импульс напряжения. Напряжение, создаваемое в цепи Красная жила – Синяя жила (красная линия, амплитудное значение импульса – 554 В) и напряжение, наведенное в цепях: центральная жила – Жила 1 (синяя линия, амплитудное значение импульса – минус 54 В), Жила 1 – Жила 2 (голубая линия, амплитудное значение импульса – 60 В), Жила 2 – центральная жила (оранжевая линия, амплитудное значение импульса – 22 В)

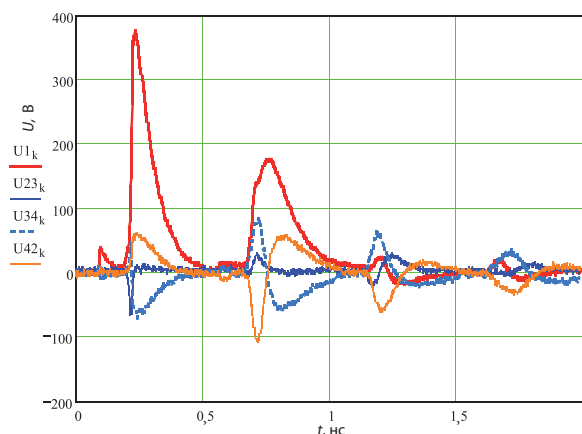


Рис. 7. Точка измерений ближний конец кабеля, на который подается нс импульс напряжения

Напряжение, создаваемое в цепи жила 1 – Синяя жила (красная линия, амплитудное значение импульса – 376 В) и напряжение, наведенное в цепях: центральная жила – Жила 3 (синяя линия, амплитудное значение импульса – минус 72 В), Жила 3 – Жила 2 (голубая линия, амплитудное значение импульса – минус 67 В), Жила 2 – центральная жила (оранжевая линия, амплитудное значение импульса – 62 В)

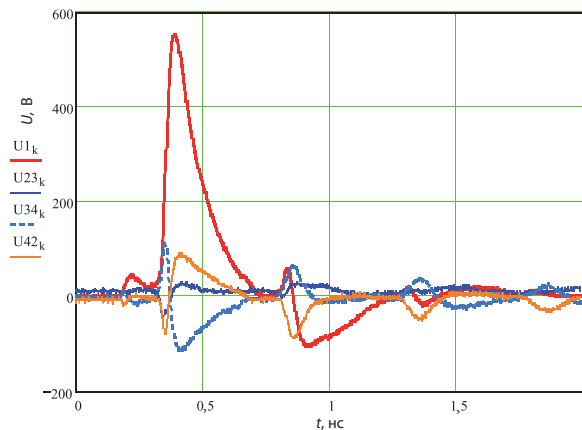


Рис. 8. Точка измерений – дальний конец кабеля. На ближний конец кабеля подается нс импульс напряжения

Напряжение, создаваемое в цепи Жила 1 – синяя жила (красная линия, амплитудное значение импульса – 553 В) и напряжение, наведенное в цепях: центральная жила – Жила 3 (синяя линия, амплитудное значение импульса – минус 49 В), Жила 3 – Жила 2 (голубая линия, амплитудное значение импульса – минус 118 В), Жила 2 – центральная жила (оранжевая линия, амплитудное значение импульса – 91 В)

Амплитуда на дальнем конце определяется неоднородностями линии, соотношением сопротивления нагрузки и волнового сопротивления кабеля. Амплитуда помехи на ближнем конце определяется соотношением волнового сопротивления цепи кабеля и источника импульсных напряжений. Наведенные напряжения в соседних цепях оцениваются на основе параметров электромагнитной связи цепей с учетом сопротивления нагрузок на концах цепи.

Помимо приведенных в настоящей статье осциллограмм в ходе проведенных нами экспериментов были получены результаты исследований различных кабелей, таких как КМПВ 2×0,75, КМПЭВЭ 12×0,5, КВПЭФВП-5е 4×2×0,52, КНРЭнг-БГО 2×2,5 и др. Изучение осциллограмм дали основания сделать следующие выводы:

- амплитуда синфазных наносекундных импульсных напряжений (НИН) на порядок больше амплитуды дифференциальных НИН;
- в кривой синфазных НИН амплитуда определяется в основном выбросом на переднем фронте импульса; с увеличением длительности переднего фронта тока экрана амплитуда выброса резко уменьшается, а при длительности его в несколько сотен наносекунд выброс почти исчезает, существенное влияние на амплитуду выброса оказывает оптическая плотность экрана, если она возрастает, то амплитуда выброса уменьшается;
- если информационный кабель с индивидуальными экранами жил снабдить дополнительным общим экраном, то амплитуда НИН уменьшается незначительно, в эксперименте она уменьшается приблизительно в 2 раза;
- экраны информационного кабеля в виде обмотки и оплетки с одинаковой эффективностью ослабляют НИН, в эксперименте эффективность экрана в виде обмотки была выше, так как обмотка механически закрепляется слоем изоляционного материала и меньше окисляется, поэтому контакт между отдельными проволочками экрана лучше, чем в оплетке, которая обыкновенно не защищена от воздействия окружающей среды;
- амплитуда НИН в информационном кабеле с медным экраном несколько меньше, чем в кабеле со стальным экраном, эта разница менее заметна на переднем фронте импульса, так как здесь амплитудное значение НИН определяется оптической плотностью экрана, но в последующей части кривой НИН эта разница становится значительной, поскольку амплитуда НИН здесь в большей степени определяется свойствами материала экрана.

Вопросы обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) судовых кабельных линий не учитываются в достаточной степени при проектировании судовых силовых и слабых сетей. Требования, содержащиеся в нормативно-технической документации и рекомендациях, носят общий

характер и подлежат уточнению и конкретизации применительно к условиям прокладки и воздействию импульсных напряжений и токов.

Данные об эффективности экранов различных кабелей, оплеток, труб при воздействии различных видов помех в нормативно-технических документах не приводятся. Вопросы выбора типа кабеля и способов экранировки трассы решаются проектантами при разработке принципиальных схем оборудования, выборе арматуры и элементов крепления при отсутствии данных, необходимых для обоснования обеспечения ЭМС.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Воршевский А.А., Гальперин В.Е.* Электромагнитная совместимость судовых технических средств. – СПб.: СПбГМТУ. – 2010. – 317 с.
2. *Paul C.R.* Analysis of multiconductor transmission lines. – New York: Wiley, 1994. – 584 p.
3. *Haase H.* New propagation models for electromagnetic waves along uniform and nonuniform cables // IEEE Transactions on electromagnetic compatibility. – 2004. – №3 (August). – Vol. 46. – P. 345–352.
4. *Barmada S., Musolino A., Raugi M.* Wavelet-based time-domain solution of multiconductor transmission lines with skin and proximity effect // IEEE Transactions on electromagnetic compatibility. – 2005. – Vol. 47. – №4 (November). – P. 774–780.
5. *De Lauretis Maria, Antonini Giulio, Ekman Jonas.* A Spice Realization of the Delay-Rational Green's-Function-Based Method for Multiconductor Transmission Lines // IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility. – 2016. – Vol. 58. – Issue 4. – P. 1158 – 1168.
6. *Eng Leong Tan, Zaifeng Yang.* Non-uniform Time-Step FLOD-FDTD Method for Multiconductor Transmission Lines Including Lumped Elements // IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility. – 2017. – Vol. 59. – Issue 6. – P. 1983 – 1992.
7. *De Lauretis Maria, Antonini Giulio, Ekman Jonas.* A Delay-Rational Model of Lossy Multiconductor Transmission Lines With Frequency-Independent Per-Unit-Length Parameters // IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility. – 2015. – Vol. 57. – Issue 5. – P. 1235 – 1245.
8. *Babak Honarbakhsh, Shahrooz Asadi.* Analysis of Multiconductor Transmission Lines Using the CN-FDTD Method // IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility. – 2017. – Vol. 59. – Issue 1. – P. 184 – 192.
9. *Сухоруков С.Д.* Особенности распространения импульсных перенапряжений по однопроводным линиям // Технологии ЭМС. – 2011. – №9 (38). – С. 52–77.
10. *Tesche F., Ianoz M., Karlson T.* EMC analysis methods and computational models. A Wiley-interscience publication. – New York, 1997. – 623 p.
11. *Иосель Ю.А., Кочанов Э.С., Струинский М.Г.* Расчет электрической емкости. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоиздат. – 1981. – 288 с.
12. *Калантаров, П.Л., Цейтлин Л.А.* Расчет индуктивностей. – М.: Энергия, 1970. – 380 с. ■

**В** последние два десятилетия в судостроении происходили быстрые и радикальные изменения, связанные с совершенствованием и применением гребных электрических установок (ГЭУ). Создание преобразователей частоты большой мощности, винторулевых колонок, гребных установок Азипод намного повысили качественные характеристики ГЭУ. В настоящее время ГЭУ нашли применение на судах практически всех видов. Электроэнергетические системы современных судов с электродвижением строятся как единые судовые электроэнергетические комплексы (ЕСЭЭК), обеспечивающие питанием и ГЭУ, и многочисленных общесудовых потребителей. В статье рассмотрены методы повышения качества электроэнергетики в единых судовых электроэнергетических системах с учетом влияния первичного источника питания

На сегодняшний день сформулированы долгосрочные цели в морской технике, которые предстоит решать судостроительной промышленности Российской Федерации [1]. ЕСЭЭК применяются прежде всего на судах ледокольного флота. Перспективным направлением в этой области является модульный принцип построения подобных систем [1].

Поскольку мощности общесудовых систем по сравнению с источниками электроэнергии, по крайней мере в ходовых режимах, относительно малы, а система электродвижения получает электроэнергию через преобразователи частоты, можно с уверенностью сказать, что динамические показатели качества электроэнергии будут обеспечены. К этому следует добавить, что автоматические регуляторы напряжения и частоты с использованием микропроцессоров и микроконтроллеров повышают их эффективность. Вместе с тем обостряется проблема обеспечения качества в установившихся режимах, в частности, синусоидальности питающего напряжения. Эксплуатация океанских лайнеров с такими системами показала ряд преимуществ: повышенную экономичность, надежность, маневренность, возможность блочной компоновки и др. Из-за несколько повышенных массогабаритных показателей систем электродвижения (СЭД) ведущие судостроительные фирмы создают СЭД с работой значительной части установки в воде: системы типа Азипод, винторулевые колонки, совмещенные двигатель-двигатель и др.

В [3] рассмотрены достоинства и недостатки трех вариантов структур ЕСЭЭК: широко применяемой на судах ЕСЭЭК с трансформатором в составе ГЭУ; ЕСЭЭК фирмы «Вартсилла» и ЕСЭЭК, предложенная Санкт-Петер-

## ВЛИЯНИЕ ПЕРВИЧНОГО ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МНОГОУРОВНЕВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ НАПРЯЖЕНИЯ В СОСТАВЕ СУДОВЫХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

*Б.Ф. Дмитриев, д-р техн. наук, проф.,  
С.Я. Галушин, канд. техн. наук, доцент,  
А.Н. Калмыков, канд. техн. наук, доцент,  
О.А. Шабалина, аспирант, СПбГМТУ,  
контакт. тел. (812) 713 8977, +7(921) 948 2948*

бургским государственным морским техническим университетом [4]. Показано, что во всех трех вариантах ЕСЭЭК качество напряжения питания гребных электродвигателей и общесудовых потребителей примерно одинаковое. Однако два последних варианта ЕСЭЭК позволяют исключить трансформаторы из состава ГЭУ, это дает возможность снизить стоимость, массу и габариты электрооборудования судна, снизить расход топлива и освободить некоторый объем судовых помещений

В государственной программе «Развитие судостроения на 2013–2030 годы» записано: «Россия имеет почти 40 тысяч километров береговой черты, 100 тысяч километров внутренних водных путей, значительная доля внешней торговли обслуживается морским транспортом, до 25% мировых запасов углеводородного сырья расположено на российском шельфе. Поэтому судостроительная промышленность в значительной мере определяет и всегда будет определять национальную безопасность России во всех сферах морской деятельности».

Первым среди приоритетных направлений государственной политики РФ в судостроении в этой программе названо «создание конкурентоспособной морской техники, в том числе судов и плавательных средств для освоения континентального шельфа и Северного морского пути, создание высокотехнологичных среднетоннажных транспортных судов и судов обеспечения, высокотехнологичных рыбопромысловых судов, морских и речных научно-исследовательских и научно-экспедиционных судов».

В эти годы для управления гребными двигателями переменного тока были разработаны преобразователи частоты большой мощности, созданы винторулевые колонки, гребные установки Азипод. Эти достижения намного повысили качественные характеристики ГЭУ, и

позволили им потеснить пропульсивные комплексы с тепловыми двигателями, работающими непосредственно на гребной винт. По сравнению с другими видами пропульсивных комплексов современные ГЭУ обладают рядом преимуществ, среди которых:

- повышение надежности судовой электроэнергетической установки и пропульсивного комплекса;
- улучшение маневренности судна;
- повышение КПД энергетической установки в долевых режимах;
- низкие уровни шума и вибрации,
- снижение эксплуатационных расходов;
- уменьшение сроков ремонтных работ;
- возможность более рационального размещения оборудования на судне.

Благодаря уникальным свойствам, ГЭУ в течение очень короткого времени нашли применение на судах практически всех видов: круизных лайнерах, паромках, контейнеровозах, танкерах, рыбопромысловых, буксирах, судах снабжения и т.д.

Электроэнергетические системы современных судов с электродвижением строятся как единые судовые, обеспечивающие питанием и ГЭУ, и многочисленные общесудовые потребители. От структуры и параметров ЕСЭС зависят стоимость проектирования и постройки судов, работоспособность электрооборудования и систем автоматики, коммерческие показатели судов при эксплуатации, в том числе расход топлива, безопасность плавания судна и условия работы экипажа.

Серьезной проблемой при создании ЕСЭС является обеспечение электромагнитной совместимости общесудовых потребителей и ГЭУ, которая для судовой электростанции является нелинейной нагрузкой. По требованию Российского морского регистра судоходства [5, т. 2, с. 278] в полностью укомплекто-



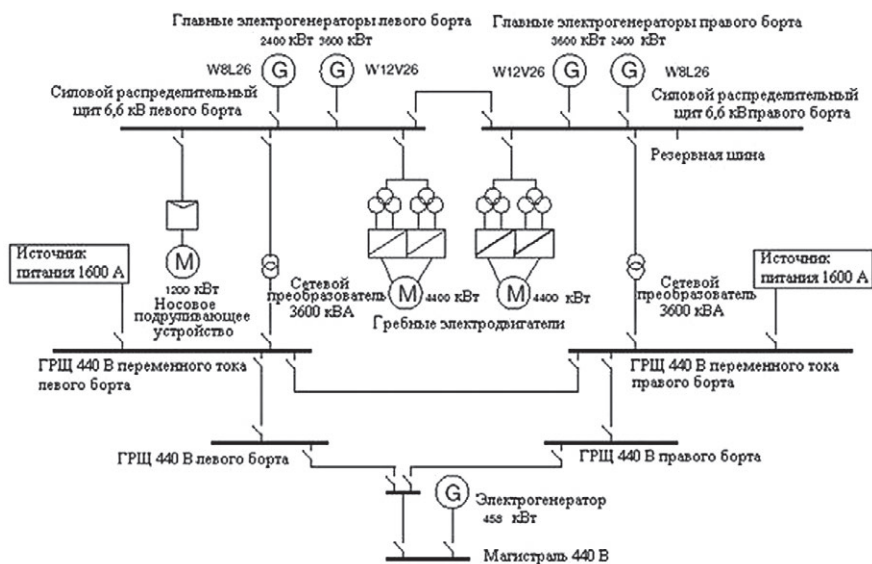


Рис. 1. Структурная схема ЕСЭЭК с двумя электрическими сетями

ванной судовой электроэнергетической системе значение коэффициента несинусоидальной кривой напряжения не должно превышать 10%.

Многие судостроительные фирмы применяют структуру ЕСЭЭК с трансформаторами в составе ГЭУ, в которой проблема электромагнитной совместимости достаточно успешно решена [5, 7, 8].

Исследованию и разработке такого рода задач посвящены работы ученых МЭИ, МВТУ им. Баумана, СПбГМТУ, Крыловского государственного научного центра, ВУНЦ ВМА им. Адмирала Н.Г. Кузнецова и др. [9, 10].

Создание перспективных ЕСЭС с полным электродвижением в отличие от традиционных единых судовых электроэнергетических систем вызывает необходимость генерации и преобразования электрической энергии для ГЭУ мощных потребителей с использованием современных полупроводниковых преобразователей, а также обеспечения их надежной работы. Ранее имела место так называемая интерференция гармонического состава напряжения. При ЕСЭЭК создается суммирование гармонического состава напряжения в

электрической ветви. Это – основное отличие поставленной задачи от многочисленных работ по улучшению гармонического состава в «большой» и автономной энергетике.

Для создания ЕСЭЭК необходим системный подход с учетом требований руководящих документов. В соответствии с ними вступают в действие кроме ограничения на качество электроэнергии и другие требования: надежность, массогабаритные показатели, электромагнитная совместимость, тепловые потери и др. На наш взгляд, необходимо использовать несколько признаков.

В общем случае на гармонический состав тока и напряжения в ЕСЭЭК влияют следующие факторы:

- 1) параметры генератора;
- 2) мощность эквивалентной асинхронной нагрузки;
- 3) наличие традиционных фильтров и фильтрокомпенсирующих устройств и их параметры;
- 4) использование активных фильтров;
- 5) использование в статических полупроводниковых преобразователях (СПП) широтно-импульсной модуляции (ШИМ);

6) использование многоуровневых инверторов;

7) фазность системы электродвижения;

8) тип электродвигателя системы электродвижения (синхронный, асинхронный, вентильный).

Как показал опыт проектирования и эксплуатации единых судовых электроэнергетических систем, общесудовые потребители в зависимости от режима потребляют мощность от 10 до 20%. Однако использование мощных статических преобразователей в системе электродвижения других потребителей заставляет по-новому формировать выходное напряжение при обеспечении качества электроэнергии.

Известно, что полупроводниковые преобразователи генерируют в сеть высшие гармоники. Общеизвестны недостатки наличия высших гармоник в питающем напряжении (снижение КПД и моментов электродвигателей, повышенный нагрев элементов системы, сбой в системах управления, связи и др.). Если взять типовую структурную схему (рис. 1), то видно, что необходимо обеспечивать синусоидальность токов и напряжений как на главном распределительном щите (ГРЩ), так и в подсистеме электродвижения. Рассмотрим некоторые из указанных факторов более подробно, отметим их достоинства и недостатки. Основным параметром, влияющим на гармонический состав напряжения, на ГРЩ является для типовых генераторов сверхпереходное индуктивное сопротивление  $x_d''$ . Уменьшение этого параметра приближает реальный источник электроэнергии к источнику бесконечной мощности. Применительно к судовым генераторам  $x_d''$  меняется от 0,11 до 0,32 о.е. Результаты влияния сверхпереходного сопротивления генератора  $x_d''$  и типа инвертора напряжения на  $\text{THD}_U$  и  $\text{THD}_I$  в рассматриваемой схеме представлены в табл. 1.

Из этой таблицы можно сделать следующие выводы:

Таблица 1

Влияние сверхпереходного индуктивного сопротивления на гармонический состав напряжения инвертора

$S_{ГР1} = 3000 \text{ кВт}, x_d'' = 0,13 \text{ о.е.}, S_{АД3} = 10\%, S_{ГЭД4} = 50\%, S_{СН5} \approx 10\%$ $S_{ГР2} = 3200 \text{ кВт}, x_d'' = 0,32 \text{ о.е.}, S_{АД3} = 10\%, S_{ГЭД4} = 50\%, S_{СН5} \approx 10\%, f_{\text{инШИМ}} = f_{\text{DC-DC}} = 2000 \text{ Гц}$									
	Двухуровневый инвертор				Трехуровневый инвертор				
	с ф.	без ф.	с ф.	без ф.	с ф.	без ф.	с ф.	без ф.	
	$x_d'' = 0,13 \text{ о.е.}$		$x_d'' = 0,32 \text{ о.е.}$		$x_d'' = 0,13 \text{ о.е.}$		$x_d'' = 0,32 \text{ о.е.}$		
	T	% Н	% D		%		%		
ГРЩ	$U_{a1}$	7,48	8,618	14,91	14,610	8,699	8,619	15,21	15,11
	$I_{a1}$	13,04	13,893	10,20	10,314	13,059	13,012	10,03	10,01
После инвертора	$U_{a\text{inv}}$	72,92	69,743	69,477	69,877	31,20	30,98	30,95	31,01
	$I_{a\text{inv}}$	7,02	6,742	6,13	6,975	5,07	5,10	4,97	5,13
На ГЭД <sub>4</sub>	$U_{a4}$	2,48	69,743	8,78	69,877	6,68	30,98	7,23	31,01
	$I_{a4}$	1,72	6,742	2,42	6,975	4,81	5,10	5,03	5,13

1. При заданном диапазоне рассматриваемых мощностей и заданных параметрах фильтров увеличение значения параметра  $x_d$  генератора ухудшает гармонический состав напряжения, но для любого типа инвертора напряжения практически не влияет на  $\text{THD}_U$  и  $\text{THD}_I$  в СЭД.

2. Тип инвертора напряжения (двухуровневый или трехуровневый) практически не влияет на  $\text{THD}_U$  и  $\text{THD}_I$  на ГРЩ, но влияет на  $\text{THD}_U$  и  $\text{THD}_I$  в СЭД, причем сказывается преимущест-

во тртхуровневого инвертора напряжения перед двухуровневым инвертором [11].

3. Использование пассивных фильтров на ГРЩ, в статических преобразователях с СПП, с ШИМ и в СЭД улучшает гармонический состав напряжения на всех ступенях преобразования электрической энергии в ЕСЭЭК.

На рис. 2 приведена схематехническая модель реверсивного многоуровневого преобразователя от тртхфазной сети в пакете Matlab Simulink [11].

Схема управления для транзисторных ключей (4, 5, 6, 7) представлена на рис. 3 и формирование управляющего импульса ключами при индексе модуляции  $m = 0,8$ ; частоте управляющего сигнала  $f_y = 50$  Гц; частоте коммутации  $f_k = 2$  кГц, приведено на рис. 4.

Эпюры выходного напряжения реверсивного преобразователя при управлении с синусоидальной широтно-импульсной модуляции для активно-индуктивной нагрузки ( $R_H = 20$  Ом;  $L_H = 0,1$  Гн), частоте управляющего сигнала  $f_y = 50$  Гц;

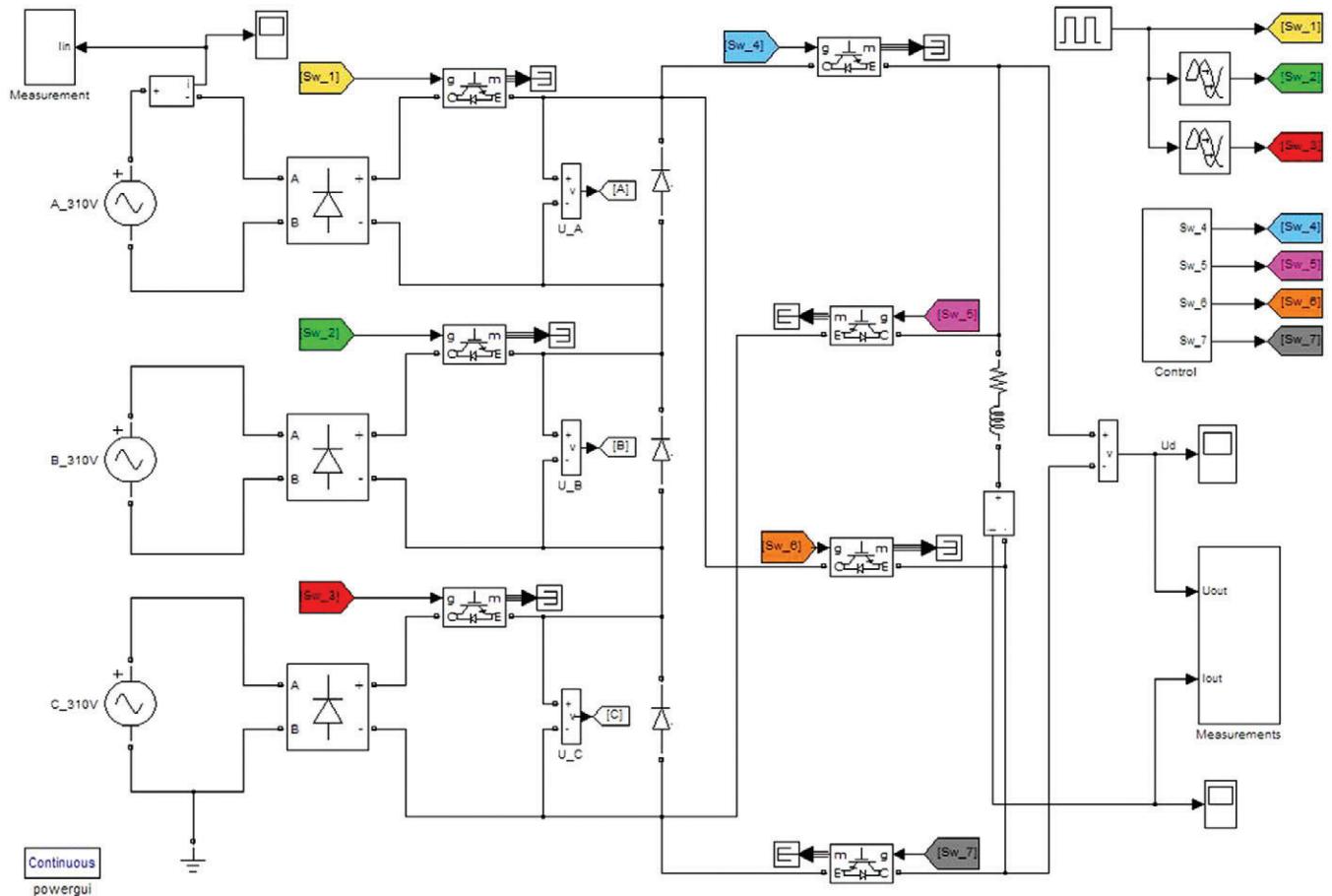


Рис. 2. Схематехническая модель реверсивного многоуровневого преобразователя

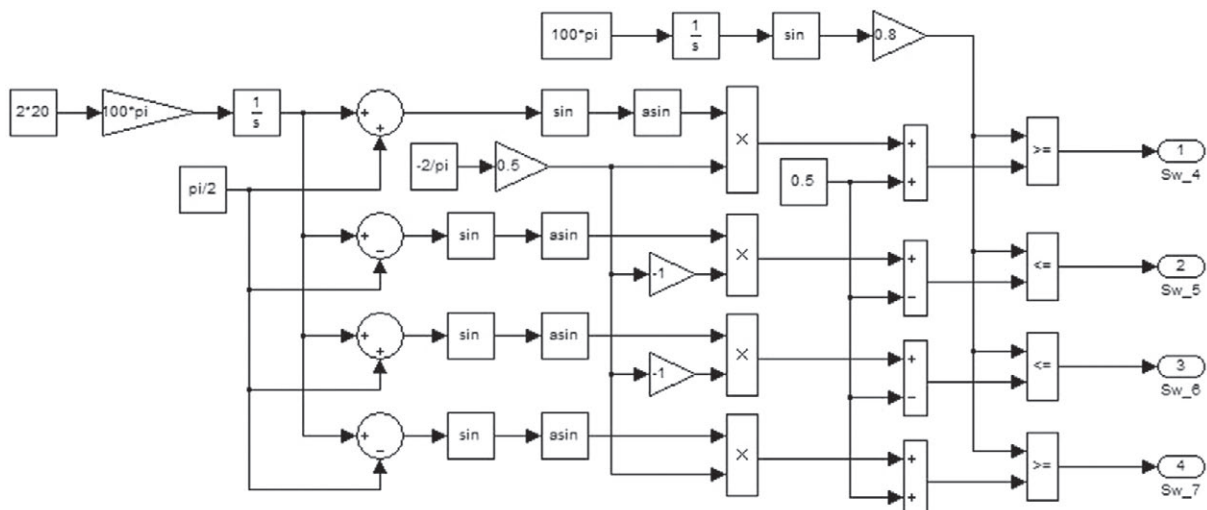


Рис. 3. Схема управления для ключей 4, 5, 6 и 7

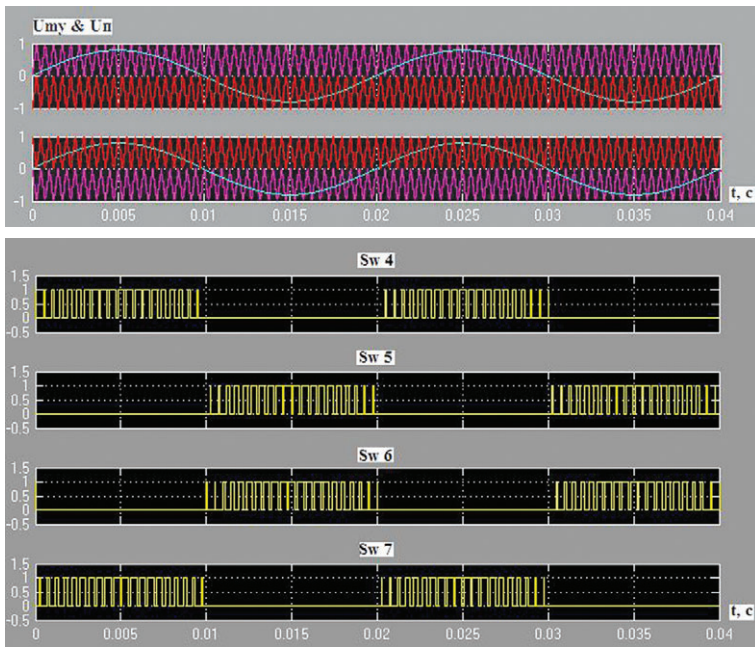


Рис. 4. Формирование управляющего импульса транзисторными ключами при индексе модуляции  $m=0,8$ ;  $f_y = 50 \text{ Гц}$ ;  $f_k = 2 \text{ кГц}$

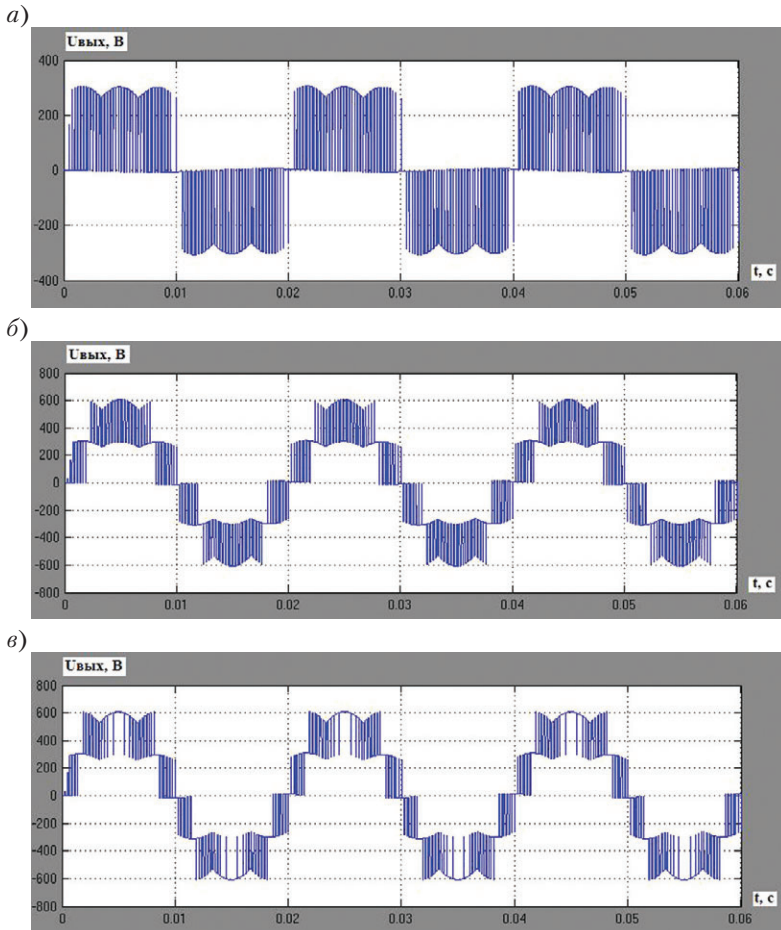


Рис. 5. Эпюры выходного напряжения трехфазного мостового преобразователя при  $f_y = 50 \text{ Гц}$ ;  $f_k = 2 \text{ кГц}$ ;  $R_n = 20 \text{ Ом}$ ;  $L_n = 0,1 \text{ Гн}$  и различных индексах модуляции: а –  $m=0,4$ ; б –  $m=0,8$ ; в –  $m=1$

частоте коммутации  $f_k = 2 \text{ кГц}$  и индексе модуляции  $m=0,4$ ;  $m=0,8$ ;  $m=1$  изображены на рис. 5.

Для исследования спектральных характеристик (THD) от индекса (коэффициента) модуляции (рис. 6–8) приведены спектральные составы выходного

напряжения, выходного тока, входного тока при управлении с синусоидальной ШИМ для активно-индуктивной нагрузки ( $R_n = 20 \text{ Ом}$ ;  $L_n = 0,1 \text{ Гн}$ ) и различных индексах модуляции:  $m = 0,2 \div 1$ ; частоте управляющего сигнала  $f_y = 50 \text{ Гц}$ ; частоте коммутации  $f_k = 2 \text{ кГц}$ .

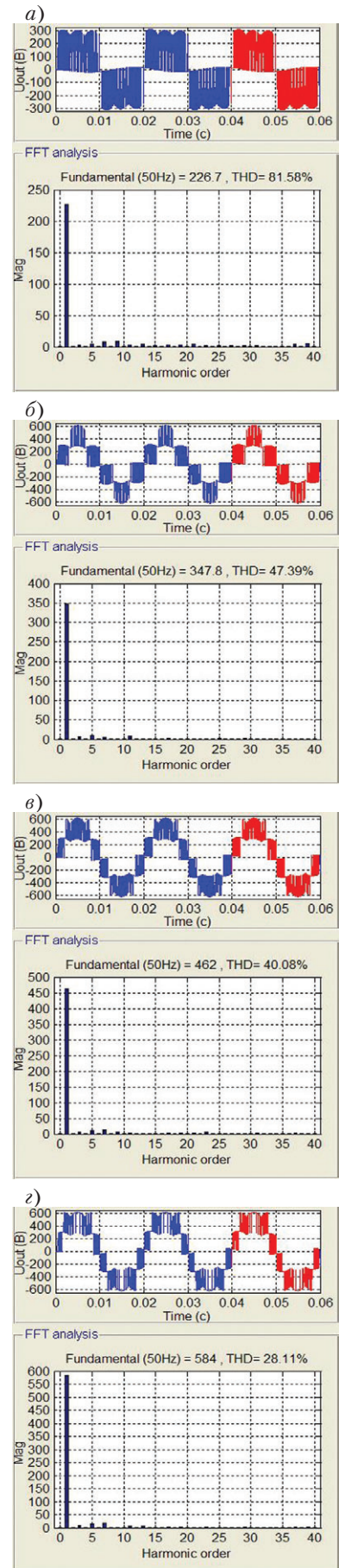


Рис. 6. Выходное напряжение и его спектральный состав при  $R=20 \text{ Ом}$ ,  $L_n=0,1 \text{ Гн}$ ;  $f_y = 50 \text{ Гц}$ ;  $f_k = 2 \text{ кГц}$  и различных индексах модуляции: а –  $m=0,4$ ; б –  $m=0,6$ ; в –  $m=0,8$ ; г –  $m=1,0$

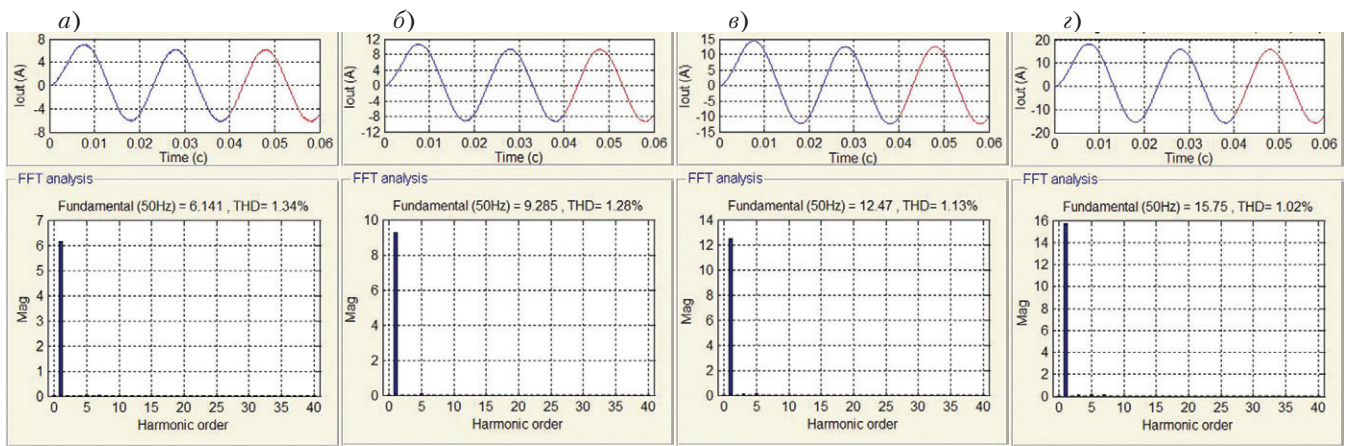


Рис. 7. Выходной ток и его спектральный состав при  $R_n=20$  Ом,  $L_n=0,1$  Гн;  $f_y=50$  Гц;  $f_k=2$  кГц и различных индексах модуляции: а –  $m=0,4$ ; б –  $m=0,6$ ; в –  $m=0,8$ ; з –  $m=1,0$

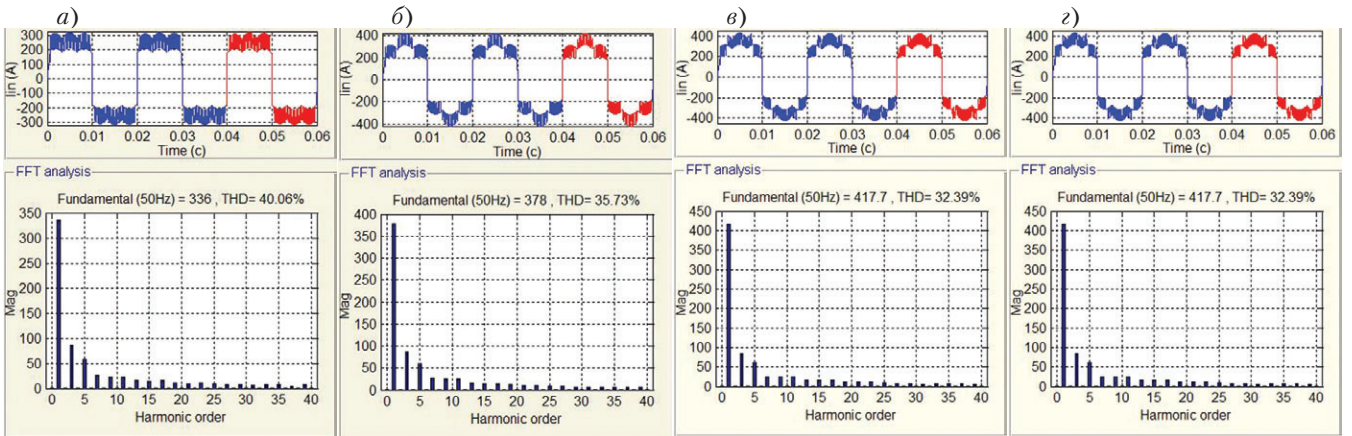


Рис. 7. Входной ток и его спектральный состав при  $R_n=20$  Ом,  $L_n=0,1$  Гн;  $f_y=50$  Гц;  $f_k=2$  кГц и различных индексах модуляции: а –  $m=0,4$ ; б –  $m=0,6$ ; в –  $m=0,8$ ; з –  $m=1,0$

Источниками электроэнергии в различных автономных системах электропитания могут быть аккумуляторная батарея, топливные элементы, электрохимические генераторы [11].

Основное назначение многоуровневых полупроводниковых преобразователей (МПП) состоит в получении напряжения на выходе преобразователя превышающего максимальное напряжение на его полупроводниковом ключе. Необходимость применения МПП возникает в мощном тяговом электроприводе для транспортных систем наземного, надводного и подводного назначения и в электроэнергетических системах при транспортировке и преобразовании электрической энергии.

Для подтверждения возможностей МПП исследована реализация многоуровневого инвертора с питанием от источников постоянного напряжения (тока).

На рис. 9 представлена принципиальная схема многоуровневого инвертора, а на рис. 10 приведена схематическая модель инвертора в пакете Matlab Simulink.

Эпоэры выходного напряжения при управлении по линейному закону для активно-индуктивной нагрузки ( $R_n=20$  Ом;  $L_n=0,1$  Гн), частоте комму-

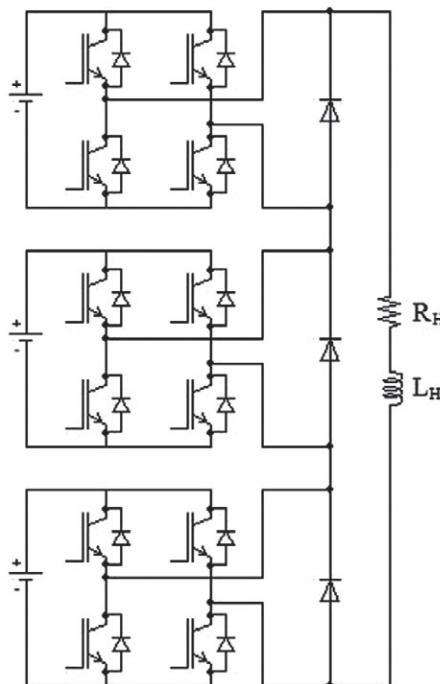


Рис. 9. Принципиальная схема многоуровневого инвертора при питании от источника постоянного напряжения

тации  $f_k=2$  кГц и различных индексах модуляции  $m=0,2$ ;  $m=0,4$ ;  $m=1$ , изображен на рис. 11.

Спектральные характеристики исследуются в пакете SimPower System программной среды Matlab Simulink. При расчете спектра в пакете Matlab исходной является дискретная реализация электромагнитного процесса. Нахождение амплитуд гармонических составляющих осуществляется применением дискретного преобразования Фурье.

При этом исследуемый непрерывный процесс  $y(t)$  длительностью  $T$  заменяется дискретной функцией  $y(kT_0)$ , ( $k=1,2,3,\dots,N$ ),  $N$  – заданное число точек  $T_0 = \frac{T}{N}$  – шаг дискретизации. В пакете Matlab дискретное преобразование Фурье выполняется процедурой быстрого преобразования Фурье (fft – Fast Fourier Transform). Для вычисления спектра электромагнитных переменных на входе и/или выходе полупроводникового преобразователя с помощью процедуры fft выделяется участок исследуемого процесса длительностью  $T$ , разбивается этот участок на  $N$  точек, соответствующих равноотстоящим моментам времени с интервалом  $T_0$  и осуществляется суммирование.

Все эти операции в пакете SimPower System выполняет блок Powergui (графический интерфейс пользователя) совместно с блоком Scope. В блоке Scope

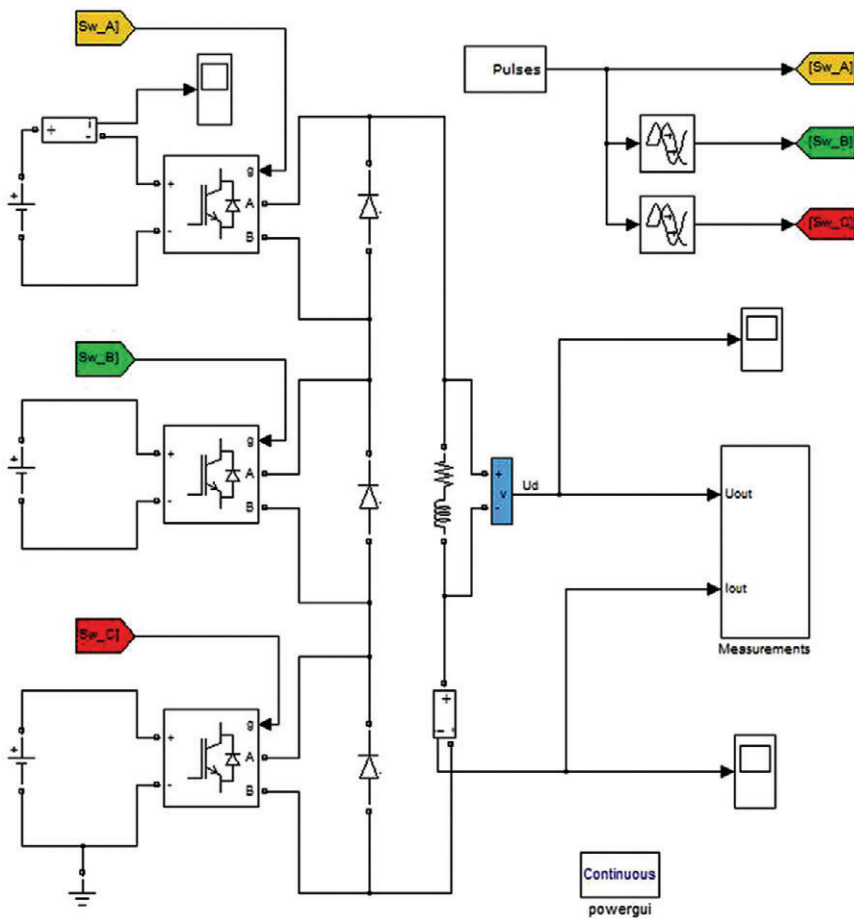


Рис. 10. Схематехническая модель многоуровневого инвертора

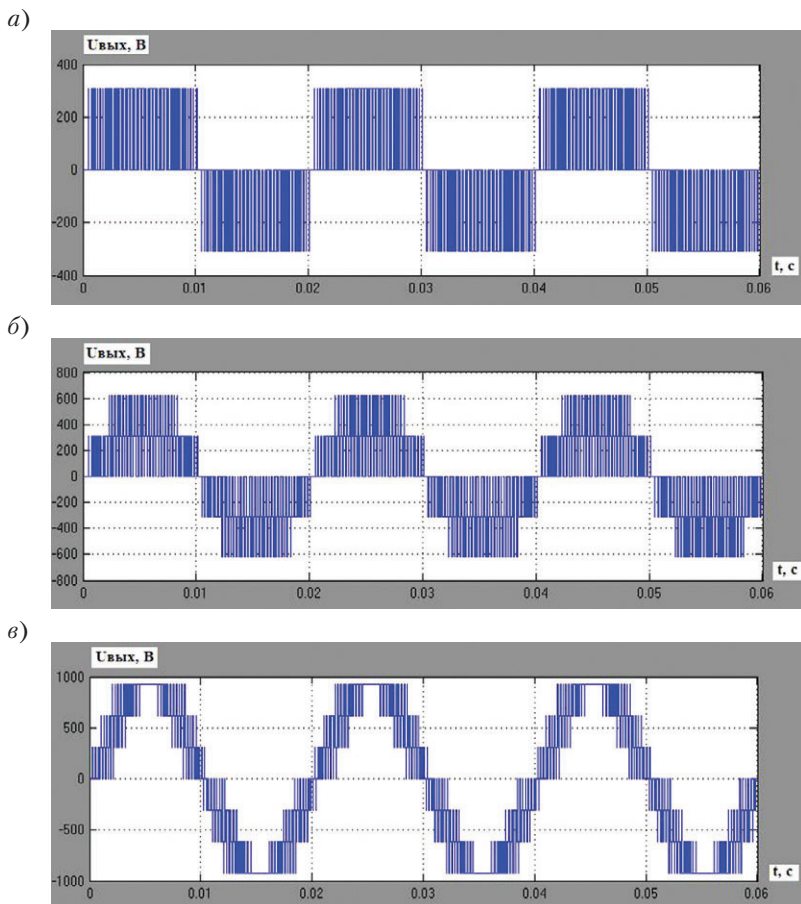


Рис. 11. Эпюры выходного напряжения многоуровневого инвертора для активно-индуктивной нагрузки ( $R_n = 20 \text{ Ом}$ ;  $L_n = 0,1 \text{ Гн}$ );  $f_c = 2 \text{ кГц}$  и при различных индексах модуляции: а –  $m = 0,2$ ; б –  $m = 0,4$ ; в –  $m = 1$

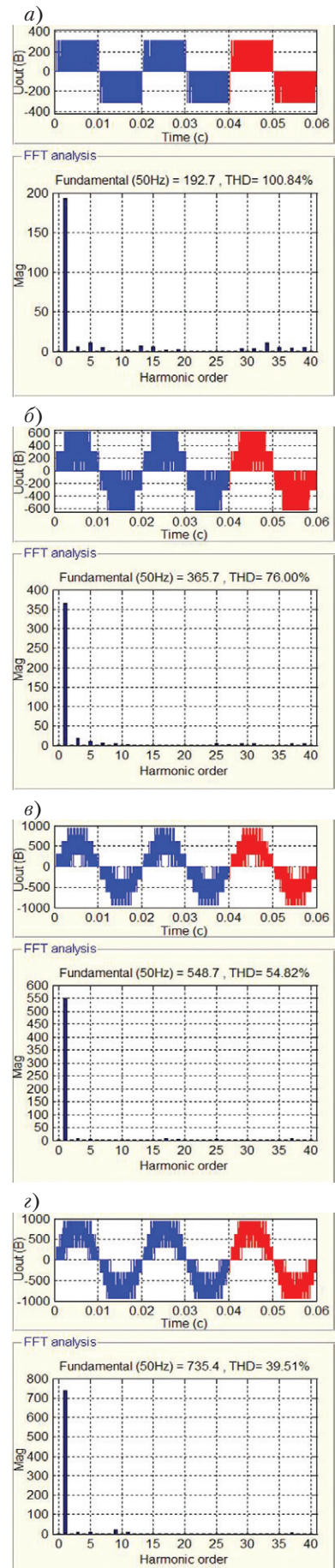


Рис. 12. Выходное напряжение и его спектральный состав при  $R_n = 20 \text{ Ом}$ ,  $L_n = 0,1 \text{ Гн}$ ;  $f_c = 2 \text{ кГц}$  и различных индексах модуляции: а –  $m = 0,2$ ; б –  $m = 0,4$ ; в –  $m = 0,6$ ; г –  $m = 0,8$

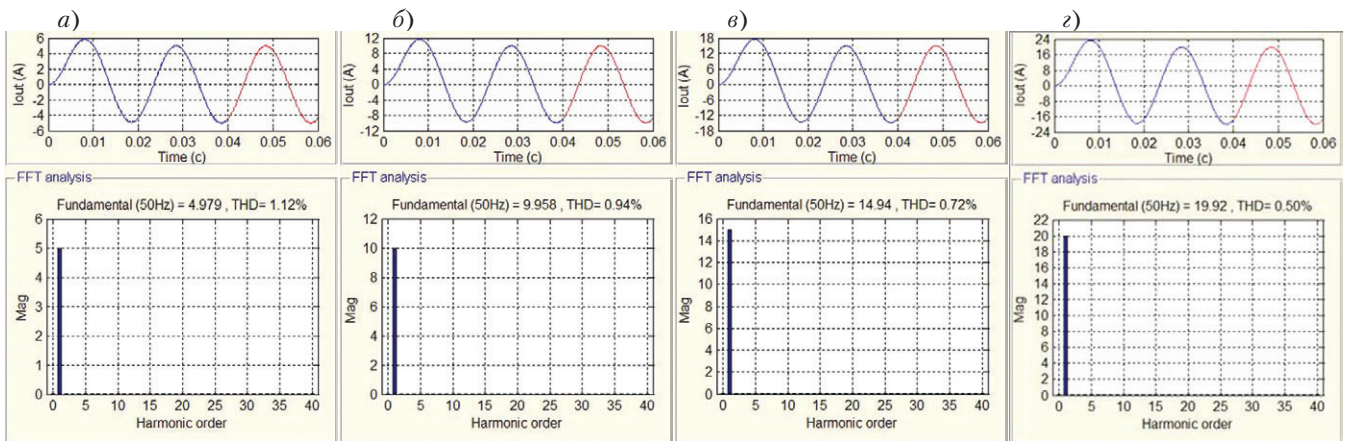


Рис. 13. Выходной ток и его спектральный состав при  $R_n=20$  Ом,  $L_n=0,1$  Гн;  $f_k = 2$  кГц и различных индексах модуляции: а–  $m=0,2$ ; б–  $m=0,4$ ; в–  $m=0,6$ ; г–  $m=0,8$

ведется запись исследуемого процесса в рабочее пространство (Workspace) Matlab. Дискретное преобразование Фурье этого процесса осуществляется блоком Powergui, в котором задаются параметры ( $T_0$  и  $T$ ) этого преобразования.

На рис. 12–13 приведен спектральный состав выходного напряжения

для активно-индуктивной нагрузки ( $R_n = 20$  Ом;  $L_n = 0,1$  Гн), частоте коммутации  $f_k = 2$  кГц и различных индексах модуляции:  $m = 0,2 \div 1$ .

Энергетические показатели многоуровневых преобразователей определялись с помощью подсистемы Measurement (рис. 14) [11].

Показатели качества электроэнергии на выходе многоуровневого инвертора, полученные в результате моделирования, приведены в табл. 2.

Зависимость коэффициента гармоник преобразователя от индекса модуляции при управлении с синусоидальной ШИМ представлена на рис. 15.

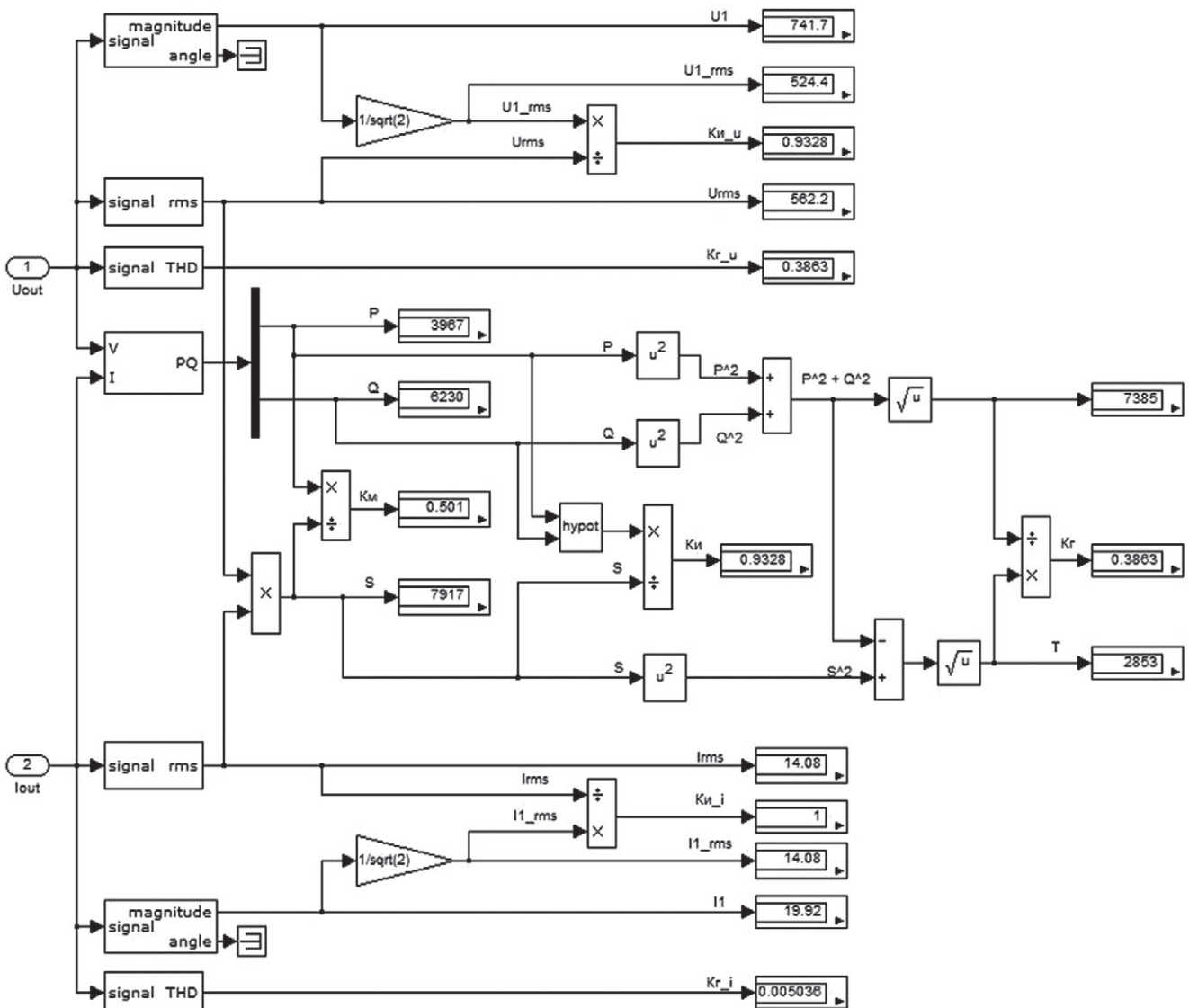


Рис. 14. Подсистема Measurements

## Показатели качества электроэнергии на выходе многоуровневого инвертора, полученные в результате моделирования

Коэффициент модуляции, $m$	Активная мощность $P_{\phi}$ , Вт	Реактивная мощность $Q_{\phi}$ , Вар	Мощность искажения $T_{\phi}$ , Вт	Полная мощность $S_{\phi}$ , ВА	Коэффициент мощности, $K_m$	Коэффициент искажения		Коэффициент гармоник	
						$K_{и,н}$	$K_{и,т}$	$K_{г,н}$	$K_{г,т}$
0,2	92,88	145,9	267,1	318,2	0,29	0,54	0,99	1,54	0,021
0,4	377,2	592,4	563,6	900,5	0,42	0,78	0,99	0,80	0,014
0,6	862,2	1354	757,6	1775	0,49	0,90	0,99	0,47	0,013
0,8	1554	2442	1159	3118	0,50	0,93	0,99	0,40	0,011
1,0	2463	3869	1273	4760	0,52	0,96	0,99	0,28	0,010

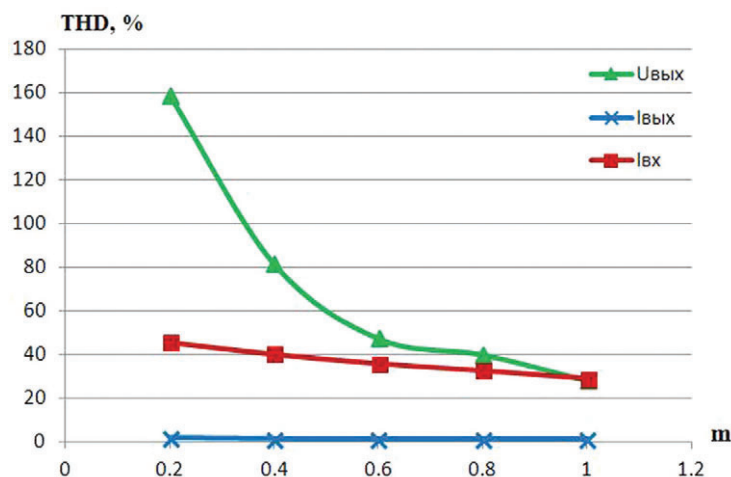


Рис. 15. Зависимость коэффициента гармоник преобразователя от индекса модуляции при управлении с синусоидальной ШИМ

Графики показывают, что с уменьшением входного сигнала коэффициент гармоник THD увеличивается.

## ВЫВОДЫ

1. Спектральные характеристики (THD) выходного напряжения, выходного и входного токов многоуровневого преобразователя при питании от переменного (постоянного) тока исследуются в зависимости от различных индексов модуляции  $m$ , частоты управляющего сигнала  $f_y$  и частоты коммутации  $f_k$  при управлении с синусоидальной ШИМ для активно-индуктивной нагрузки.

2. Из анализа гармонического состава выходного напряжения (тока) и входного тока следует, что с уменьшением значения управляющего сигнала коэффициент гармоник (THD) увеличивается. Из результатов исследования

видно, что многоуровневые преобразователи существенно улучшают качество выходного напряжения (тока) во всем диапазоне регулирования по сравнению с одноуровневыми преобразователями. Количество уровней определяется требуемыми параметрами качества выходной энергии, мощностью судовой электростанции.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Никитин В.С. Инновационные направления развития судостроения в России // Морской вестник. – 2018. – №1(65). – С.113–116.
2. Дмитриев Б.Ф., Ясаков Г.С., Калмыков А.Н., Лебедев В.М. Методы повышения качества электроэнергии в единых судовых электроэнергетических системах // Электротехника. – 2017. – №12. – С. 3–7.
3. Григорьев А. В., Глеклер Е.А., Улитовский Д.И. Результаты ходовых испыта-

ний единой электроэнергетической установки малого гидрографического судна «Вайгач» // Судостроение. – 2008. – №1. – С. 33–35.

4. Патент WO 02/100716. Marine propulsion system with reduced on board network distortion factor / Iden Stefan, Vaupel Gustav. Приоритет 11.06.2001. Патентообладатель Siemens AG.
5. Правила классификации и постройки морских судов / Российский морской регистр судоходства. – 2015, т. 2, 754 с.
6. Harriet Oster. Low Loss Concept offers improved performance at lower cost // Research & Development, 3.10. с. 45-47. URL: <http://www.wartsila.com/docs/default-source/product-files/electrical-automation/electric-propulsion-systems/article-TW-2010-03-LLC.pdf> (дата обращения 05.04.2016).
7. Wartsila LLC system explained // Wartsila, 02.02.2016, с. 1–25. URL: <http://www.wartsila.com/docs/default-source/product-files/electrical-automation/electric-propulsion-systems/presentation-o-ea-2015-low-loss-concept.pdf> (дата обращения 05.04.2016).
8. Патент РФ №2436708, Судовая электроэнергетическая установка / Васин И.М., Сеньков А.П., Паперж Ю.Е., Токарев Л.Н. // БИ, 2011, №36.
9. Патент РФ №2458819, Судовая электроэнергетическая установка (варианты) / Васин И. М., Сеньков А.П., Токарев Л.Н. // БИ, 2012, №23.
10. Патент РФ №2529090, Судовая электроэнергетическая установка / Калмыков А.Н., Кузнецов В.И., Сеньков А.П. // БИ, 2014, №27.
11. Пьей Пью Тун. Совершенствование импульсных преобразователей в составе автономных систем электропитания электротехнических комплексов. – Диссертация / Науч. руководитель Дмитриев Б.Ф. Дисс. совет Д212.228.03 при СПбГМТУ, 29.12.2014. ■

**АО** «Компрессор» имеет богатый научно-технический потенциал, опыт разработки, изготовления, поставок, сервисного обслуживания и эксплуатации компрессорного оборудования для Министерства обороны РФ и ПАО «Газпром» и ГК «Росатом».

Компрессорное оборудование АО «Компрессор» надежно работает на всех кораблях ВМФ, гражданских судах с приемкой РМРС, а также в составе наземных сооружений ВМФ и МО РФ – базы в п. Гаджиево и г. Вилочинске. Применяется оно и на космодромах Байконур, Плесецк, атомных электростанциях, в том числе зарубежных «Бушер» и «Куданкулам». АО «Компрессор» разрабатывало, изготавливало и поставляло системы сжатого воздуха для сооружений стартового комплекса РН «Союз-2» для строительства космодрома «Восточный».

Предприятие выпускает широкий ассортимент следующей серийной продукции:

- компрессоры (винтовые, поршневые, мембранные) и компрессорные станции с конечным давлением от 0,7 до 42,0 МПа для сжатия различных газов (воздух, азот, кислород, водород, CO<sub>2</sub>, аргон, природный газ и т. д.);
- блоки очистки и осушки воздуха и других газов с давлением до 42,0 МПа;
- холодильные установки и компрессоры;
- ресиверы, баллоны, воздухохранительные станции с давлением до 60,0 МПа для воздуха и технических газов;
- азотные установки;
- установки подготовки топливного и импульсного газа;
- газораспределительные станции;
- блочные дожимные компрессорные станции;
- блочные воздушные компрессорные станции;
- блоки фильтров топливного газа.

АО «Компрессор» проектирует и производит блочное компрессорное оборудование большой номенклатуры для ПАО «Газпром», поршневые и винтовые компрессоры, установки подготовки топливного, пускового и импульсного газа. Оборудование надежно работает на компрессорных станциях магистральных газопроводов Ухта–Торжок, Бованенково–Ухта, Североевропейский газопровод, Южный поток.

Воздух высокого давления (ВВД) на современных судах используется в больших количествах для обеспечения целого ряда судовых нужд, а также для выполнения различных технологических операций. Судовая система ВВД представляет собой комплекс машин, механизмов и устройств, благодаря со-

## ЭФФЕКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ, ОСУШКИ, ХРАНЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ СЖАТОГО ВОЗДУХА ДЛЯ КОРАБЛЕЙ ВОЕННО- МОРСКОГО ФЛОТА И ГРАЖДАНСКИХ СУДОВ

*Л.Г. Кузнецов, д-р техн. наук, ген. конструктор,  
Ю.Л. Кузнецов, канд. техн. наук, первый зам. ген. директора по науке,  
А.В. Бураков, гл. конструктор,  
С.М. Томашевский, начальник отдела,  
АО «Компрессор»,  
контакт. тел. (812) 295 5090*

гласованному взаимодействию которых обеспечиваются потребности в сжатом воздухе определенных параметров. Основным звеном системы ВВД является компрессорная станция.

В процессе сжатия воздуха судовыми компрессорами происходит загрязнение рабочей среды парами масла и продуктами износа трущихся поверхностей, а также капельной влагой, выпадающей в межступенчатых и конечном холодильниках. Сжатый воздух, загрязненный маслом, влагой и продуктами износа, непригоден для большинства судовых нужд и является взрывоопасным. Поэтому сразу после выхода из компрессора такой воздух должен пройти процесс осушки и очистки. Практикой установлено, что в процессе осушки от каждого литра воздуха, сжатого до 40 МПа, в зависимости от степени его увлажнения, необходимо отделить 10–250 г конденсата, состоящего из воды и масла. Необходимость осушки воздуха вызывается также стремлением предотвратить обмерзание редукционных клапанов и трубопроводов, неизбежное при дросселировании воздуха высокого давления, содержащего влагу. Осушка и очистка сжатого воздуха, поступающего в систему ВВД судна, осуществляется отделителями водомасляной эмульсии и специальными блоками осушки и очистки сжатого воздуха, которые являются одним из важнейших элементов системы ВВД [2].

С 1960 г. компрессоры типа ЭК10 и ДК10 и их модификации устанавливались на атомные подводные лодки первого поколения и дизель-электрические подводные лодки (пр. 633, 641, 641Б, 650, 690), на надводные корабли (пр. 61 и 61М, 1134 и 1134А, 1135Л и др.) совместно с поставляемыми заводом блоками осушки и очистки (БОО) на рабочее давление 19,6 МПа (200 кгс/см<sup>2</sup>) (19БО), 39,2 МПа (400 кгс/см<sup>2</sup>) (БО1–1,

БО-1–3, 10БО, 28БО, 41БО). В результате творческих усилий коллективов завода и ЦКБ «Компрессор» в 1962–1970 гг. окончательно была решена проблема создания блоков осушки и очистки воздуха, сжимаемого до 39,2 МПа (400 кгс/см<sup>2</sup>). В отечественной промышленности подобных блоков не было, специалисты ЦКБ «Компрессор» и Ленинградского компрессорного завода впервые в отечественном судостроении разработали их. Технической основы для создания блоков осушки и очистки, отвечающих необходимым требованиям техники, не было. В этих условиях завод и ЦКБ начали научные работы по изысканию эффективных твердых поглотителей, способов осушки, фильтрующих материалов, теплообменных процессов, методов контроля влажности. И в результате завод с 1962 г. наладил выпуск серийных отечественных блоков осушки и очистки ВВД, полностью удовлетворяющих требованиям заказчика, прежде всего военно-морского флота. В этом большая заслуга принадлежала начальнику отдела Ю. В. Васильеву, а также ведущим конструкторам ЦКБ «Компрессор» в этой области техники А. Е. Боссаку, Е. Г. Марихбеину, В. К. Киселеву [3].

Для нужд ВМФ и энергетики АО «Компрессор» серийно изготавливает большое количество блоков осушки и очистки сжатого воздуха. Перечень серийных блоков осушки приведен в табл. 1. Фотографии серийных автоматизированных блоков осушки и очистки сжатого воздуха (29БО-1, БО10/400, 14БО-3) для систем ВВД приведены на рис. 1–3.

Технологии подготовки воздуха постоянно развиваются, предприятие участвует в разработке новых систем очистки и осушки воздуха, разрабатываются новые блоки осушки и очистки.

По заказу ЦКБ «Лазурит» для ГВК «Дельфин» разработан блок очист-



## Перечень серийных блоков осушки АО «Компрессор»

Параметр	Блоки осушки								
	10Б0-2	19Б0	28Б0	Б010/400	29Б0-1, 29Б0-1М	32Б0-3	32Б0-2	45Б0	14Б0-3
Пропускная способность, $\text{нм}^3/\text{ч}$ .	600	32	200	200	32	32	200	30	600
Конечное давление, $\text{кгс}/\text{см}^2$	400	150–200	200–400	200–400	200	200	200–400	50	400
Степень осушки при рабочем давлении (точка росы), не выше $^{\circ}\text{C}$	-60	-55	-55	-55	-55	-55	-55	-55	-60
Содержание масла, $\text{мг}/\text{л}$	Не более $2 \cdot 10^{-4}$ (при атмосферном давлении)								
Величина механ. частиц, $\text{мкм}$	не более 5								
Мощность электропитания, не более, кВт	2,8	1,5	2,8		1,7	1,5	2,8	0,5	2,8
Управление блоком	Автомат.	Ручное			Автомат.	Ручное		Автомат.	
Режим регенерации	Непрерывный					Остановка для регенерации		Непрерывный	
Масса блока, кг	590	270	450	450	320	140	235	250	610
Габариты, мм: длина ширина высота	1100 500 1510	580 470 1205	950 525 1330	950 525 1330	780 575 1175	500 400 1500	500 400 1950	800 600 1800	1800 800 2500



Рис. 1. Автоматизированные блоки осушки: а – 29Б0-1; б – Б010/400; в – 14Б0-3

ки сжатого воздуха 44Б0 (рис. 2), для очистки воздуха и утилизированных газодыхательных смесей от вредных веществ, непригодных для дыхания  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{C}_2\text{H}_2$  (углеводороды). Рабочее давление – 39,2 МПа ( $400 \text{ кгс}/\text{см}^2$ ).

Короткоцикловые безнагревные установки для осушки газов (табл. 2, рис. 3), описаны в литературе, например,

установка, содержащая два параллельно установленных адсорбера с неподвижным слоем адсорбента, два обратных клапана и два трехходовых электро- или пневмоуправляемых крана на входе в адсорберы, два обратных клапана на выходе из адсорберов, регулировочный вентиль на выходе установки, редуцирующий вентиль и два обратных клапана

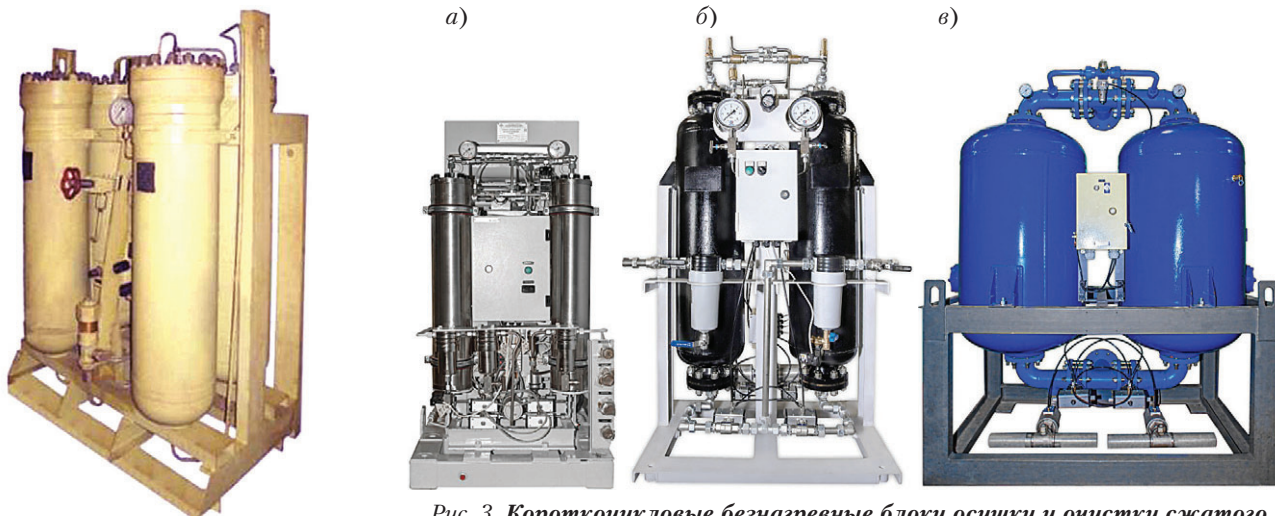


Рис. 2. Блок очистки сжатого воздуха 44Б0

Рис. 3. Короткоцикловые безнагревные блоки осушки и очистки сжатого воздуха высокого давления для систем ВВД: а – Б060/150; б – Б0130/32; в – Б0900/16

Таблица 2

Пропускная способность короткоцикловых безнагревных блоков осушки воздуха высокого давления производства АО «Компрессор»

Блок осушки	Макс. пропускная способность, $\text{нм}^3/\text{мин}$
Б0-30	0,5
Б0-60	1,0
Б0-140	2,3
Б0-200	4,0
Б0-360	6
Б0-500	8,3
Б0-600	10
Б0-900	15
Б0-1300	21,6
Б0-1800	30
Б0-2400	40

Примечания: Рабочее давление – от 9,8 до 39,2 МПа (от 100 до 400  $\text{кгс}/\text{см}^2$ ); питание блока осушки – 220 В, 50 Гц; потребляемая мощность – не более 0,1 кВт

в системе регенерации. Осушка воздуха обеспечивается попеременно двумя адсорберами, которые переключаются через короткий промежуток времени, не превышающий, как правило, нескольких минут, трехходовыми клапанами, регенерация осуществляется частью осушенного воздуха, отбор которого происходит с помощью регулировочного и редуцирующего вентилей, а дросселирование до давления, более низкого, чем давление при адсорбции (обычно до атмосферного), осуществляется обратным клапаном системы регенерации и трехходовым клапаном [1, с. 106].

Для пристального изучения и анализа работы адсорбента в короткоцикловых установках осушки сжатого воздуха АО «Компрессор» разработало лабораторный блок очистки сжатого воздуха БО60 (рис. 4). При этом анализировалась также кинетика адсорбции, экспериментально отработывались и оптимизировались циклы осушки и регенерации [10]. Блок осушки БО60 приведен на рис. 4.



Рис. 4. Блок осушки БО60

Анализ исследований позволил АО «Компрессор» приступить к разработке блоков осушки воздуха высокого давления нового поколения (рис. 5) [13].

Блок осушки нового поколения содержит два взаиморезервирующих адсорбера, заполненных адсорбентом, который располагается слоями и состоит из специально рассчитанных слоев модифицированного силикагеля, активного оксида алюминия, молекулярного сита. На входе и выходе в адсорберах установлены дополнительные фильтры.

Работает этот блок с применением технологии модифицированной короткоцикловой адсорбции (КЦА). Поступающий в осушитель сжатый газ проходит через циклонный фильтр и далее подается в один из двух адсорберов.

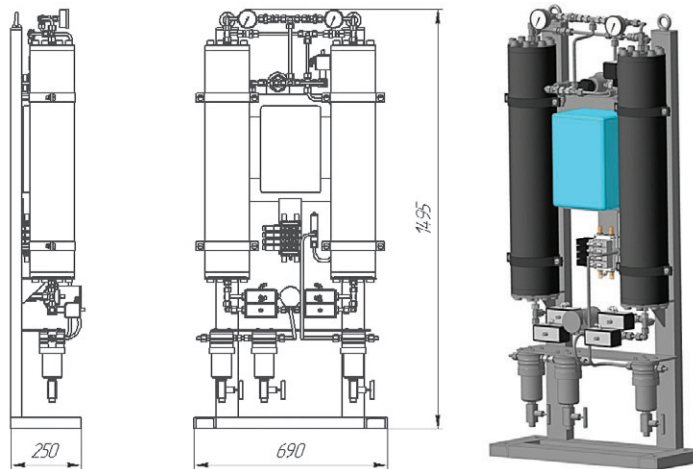


Рис. 5. Блок осушки и очистки нового поколения

В адсорбере газ, протекая через слои адсорбента, осушается до заданных параметров. После адсорбера газ проходит очистку в концевом фильтре и поступает к потребителю. В процессе осушки газа в первом адсорбере во втором адсорбере он проходит регенерацию. Часть газа, поступающего на регенерацию, используется для управления пневмоприводными клапанами блока осушки.

Регенерация осуществляется продувкой адсорбента частью осушенного природного газа, который дозированно подогревается в микронагревателе – для компенсации эффекта Джоуля–Томпсона. Данное техническое решение при высокой равновесной влагоемкости воздуха, незначительной мощности нагрева (не более 1 кВт) позволяет сократить расход газа на регенерацию с 20–25% до 5–10%. Влагосодержание осушенного воздуха при этом соответствует нормированной температуре точки росы минус 60 °С.

Дальнейшее направление научных исследований для развития технологий очистки и глубокой осушки сжатого воздуха для корабельных блоков осушки связано с синтезом новых адсорбентов более высокой эффективности, увеличенной динамической емкостью по парам воды и углеводородов, улучшенной временной стабильностью, стойкостью к загрязняющим факторам, увеличенным сроком службы. Также возможна комбинация применяемых методов осушки газов, например, адсорбционного, мембранного и рефрижераторного.

Важными технологическими процессами наряду с компримированием и осушкой сжатого воздуха является контроль качества сжатого воздуха. Для автоматического и оперативного контроля качества сжатого воздуха разработаны приборы для контроля содержания компрессорного масла в сжатом воздухе высокого давления (до 40 МПа) – фотоионизационный анализатор масла (ФАМ-К) и система индикации влаго-

содержания в сжатом воздухе СИВ [4, 8, 12].

Системы анализа воздуха приведены на рис. 6 и рис. 7.



Рис. 6. Система контроля масла в сжатом воздухе ФАМ-К



Рис. 7. Система контроля влаги в сжатом воздухе СИВ

Для удобного, надежного и безопасного хранения сжатого воздуха высокого давления (ВВД) и его распределения потребителям разработаны и изготавливаются в соответствии с техническими условиями МЯНИ.061621.001 ТУ ресиверы и баллоны пускового воздуха для судов и морских платформ (рис. 8 и рис. 9 соответственно).

Назначение ресиверов – сохранение запаса сжатого воздуха низкого или среднего давления, необходимого для обеспечения проектного количества запусков силового агрегата судна без включения компрессора.

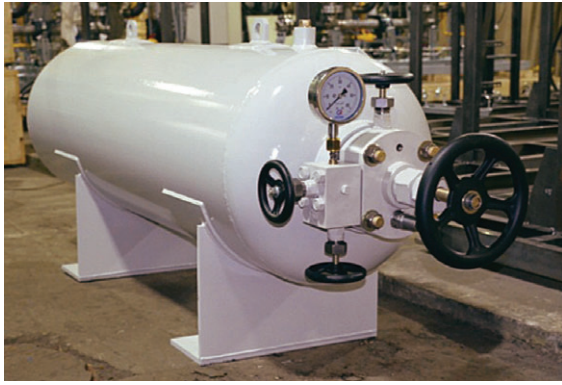


Рис. 8. Резервуар пускового воздуха РВ100/32



Рис. 9. Баллон пускового воздуха РВ80/150

Таблица 3

Основные параметры серийных резервуаров и баллонов пускового воздуха

Индекс	Макс. рабочее давление, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	Объем, м <sup>3</sup> (л)	Масса, кг	Номер чертежа
PB100/32*	3,2 (32)	0,10 (100)	180	PB100/32-00.000
PB150/32*		0,15 (150)	220	PB100/32-00.000-01
PB250/32*		0,25 (250)	300	PB100/32-00.000-02
PB350/32*		0,35 (350)	430	PB350/32-00.000
PB500/32*		0,50 (500)	545	PB350/32-00.000-01
PB750/32*		0,75 (750)	810	PB750/32-00.000
PB1000/32*		1,00 (1000)	970	PB750/32-00.000-01
PB1500/32*		1,50 (1500)	1300	PB750/32-00.000-02
PB355/32**		0,355 (350)	350	PB355/32-B-00.000
PB750/32**		0,75 (750)	840	PB750/32-B-00.000
PB1000/32**		1,00 (1000)	1020	PB1000/32-B-00.000
PB100/150**		14,7 (150)	0,10 (100)	225
PB90/32	3,2 (32)	0,09 (90)	145	PB90/32-00.000
PB90/60	5,9 (60)	0,09 (90)	170	PB90/60-00.000
PB250/60		0,25 (250)	345	PB40/150-00.000
PB40/150	14,7 (150)	0,04 (40)	70	PB250/60-00.000
PB80/150	14,7 (150)	0,08 (80)	120	PB80/150-00.000
PB80/150 (У)		0,08 (80)	120	PB80/150-00.000-01
PB130/150		0,13 (130)	160	PB130/150-00.000

\* Расположение горизонтальное

\*\* Расположение вертикальное

Резервуары поставляются с приемкой РМРС в климатическом исполнении «ОМ», категория размещения 4 по ГОСТ-15150 для эксплуатации при температурах окружающего воздуха от 278 до 323 К (от 5 до 50 °С).

Основные параметры серийных резервуаров и баллонов пускового воздуха приведены в табл. 3.

АО «Компрессор» с 1877 г. разрабатывает и производит новые виды компрессорного и холодильного оборудования для кораблей ВМФ и судов гражданского флота, разрабатывает и выполняет проекты любого уровня сложности и готово в дальнейшем решать прикладные задачи для различ-

ных отраслей отечественной промышленности.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Лукин В.Д., Анцыпович И.С. Регенерация адсорбентов. – Л.: Химия, 1983.
2. Тигарев П.А. Справочник по судовым компрессорам. – Л.: Судостроение, 1981.
3. История ПО «Компрессор». – Л.: Изд. ПО «Компрессор», 1988.
4. Патент РФ № 66543. Устройство для измерения влажности сжатого газа. – Оpubл. 10.09.2007.
5. Патент РФ № 66691. Устройство для осушки и очистки сжатого газа. – Оpubл. 27.09.2007.
6. Патент РФ № 83712. Установка для осушки сжатого газа. – Оpubл. 20.06.2009.

7. Патент РФ № 116066. Установка для осушки сжатого воздуха. – Оpubл. 20.05.2012.
8. Патент РФ № 137950. Устройство для измерения влажности сжатого газа. – Оpubл. 27.02.2014.
9. Патент РФ № 150290. Резервуар пускового воздуха и система пускового воздуха. – Оpubл. 10.02.2015.
10. Патент РФ № 163643. Блок осушки сжатого воздуха. – Оpubл. 27.07.2016.
11. Патент РФ № 166591. Устройство для измерения влажности сжатого газа. – Оpubл. 10.12.2016.
12. Патент РФ № 172095. Устройство для контроля содержания масла в сжатом газе. – Оpubл. 27.06.2017.
13. Патент РФ № 179036. Блок осушки сжатого воздуха. – Оpubл. 25.04.2018. ■

## ВВЕДЕНИЕ

Анализ выступлений высших должностных лиц России, руководителей и специалистов оборонно-промышленных предприятий и военных ученых показывает, что для создания нового поколения вооружений и военной техники, перспективных технологий управления и поддержания боевой готовности на требуемом уровне нужны научно-технические заделы, которые к настоящему времени в значительной мере исчерпаны. В данной работе изложены результаты теоретических исследований по обеспечению высокой надежности и безотказности авиационной и ракетно-космической техники на основе индивидуального прогнозирования и планирования ее эксплуатации на примере систем ответственного назначения (СОН). Предлагаемый подход нацелен на предупреждение потенциальных отказов такого рода систем и основывается на применении интеллектуальных информационных технологий. Неудачные запуски космических аппаратов, участвовавшие отказы в период предстартовой подготовки ракетной техники, а также опыт ее применения в боевых условиях свидетельствуют об актуальности разработки теоретических положений, которые могут быть использованы при реализации стратегии адаптивного управления техническим состоянием (ТС) и безопасностью эксплуатации ракетного вооружения [1, 2].

Для решения задачи предупреждения потенциальных отказов [3, 4], позволяющего поддерживать установленную степень готовности к использованию по назначению и снизить вероятность и тяжесть последствий отказов, предлагается использовать:

- стратегию планирования эксплуатации СОН в зависимости от прогнозируемого состояния;
- принципы функционально-параметрического подхода (ФПП) теории рисков;
- методы теории искусственного интеллекта;
- принципы технологии электронного сопровождения наукоемкой продукции на всех этапах жизненного цикла (ЖЦ) [5].

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Отказы сложных технических систем связаны с техническим риском, наступление которого является случайным событием. В качестве рискованного события в работе рассматривается доминирующий вид отказа (потери работоспособности) СОН – постепенный (параметрический) отказ, вызванный различной интенсивности процессами деградации в радиоэлектронных компонентах (РЭК), в результате которых

# К ВОПРОСУ О РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ ОТВЕТСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИСХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ

*Ю.Ф. Подопрёкин, д-р техн. наук, проф., первый зам. ген. директора, АО «Концерн «Гранит-Электрон»,*

*В.А. Смирнов, канд. техн. наук, вед. инженер-электроник бюро перспективных заказов отдела новой техники, начальник патентно-лицензионного отдела,*

*Д.В. Смирнов, инженер-электроник 1-й категории отдела новой техники, ЗАО «НПП «Аквамарин»,  
контакт. тел. (812) 445 2360*

происходит изменение значений контролируемых параметров, определяющих ТС объекта.

Время наступления постепенного отказа определяется следующими обстоятельствами:

- особенностью протекания элементарных процессов, приводящих к изменению начальной структуры РЭК;
- интенсивностью воздействия множества дестабилизирующих факторов, оказывающих влияние на РЭК;
- нахождением значения параметра работоспособного изделия у границы зоны допуска.

При этом своевременное обнаружение таких отказов затрудняется их скрытым внешним проявлением. Оценка времени достижения параметром критически опасного значения у границы области работоспособности остается одним из наиболее сложных вопросов. Основные трудности для построения модели исследуемого процесса связаны с недостатком априорной информации, а именно, с отсутствием необходимого математического описания, с малым объемом выборки значений параметров, недостатком информации о закономерностях процессов деградации в РЭК, о характере зависимости между множеством дестабилизирующих факторов и поведением параметров, с ограниченными возможностями экспериментального исследования процессов для получения достаточной статистической информации и т.д.

Стратегия планирования эксплуатации СОН в зависимости от их прогнозируемого состояния является наиболее оправданной для решения задачи предупреждения потенциальных отказов такого рода изделий. Она учитывает реальное состояние и специфику данной

конкретной системы, а не статистику, для корректного использования которой необходим существенный объем используемой выборки. Положительный эффект ее применения определяется:

- возможностью оптимизировать расход ресурса как каждой конкретной СОН, так и ее составных частей, связанной с обоснованным выбором сроков проведения контроля ТС, профилактических мероприятий и ремонтно-регулирующих работ;
- возможностью своевременного предупреждения достижения предельных состояний и отказов, вызываемых выходом параметров СОН за пределы области работоспособности;
- возможностью обеспечения требуемого уровня эксплуатационной надежности СОН и показателей надежности (коэффициента оперативной готовности, коэффициента технического использования, среднего времени восстановления, среднего времени простоя в неработоспособном состоянии и т.д.) при минимизации расходов материальных и кадровых ресурсов. Такая возможность достигается за счет индивидуального подхода к формированию номенклатуры запасных элементов, инструментов и приспособлений, расходных материалов, средств измерений, а также, рекомендаций и руководства по проведению профилактических и ремонтных работ (состав работ, последовательность действий, используемые методы и технические средства, логические схемы поиска причин неисправностей, исполнители, сроки проведения и т.д.).

В основе данной стратегии лежит прогнозирование изменений парамет-

ров ТС СОН, осуществляемое по результатам параметрического контроля.

Следует отметить, что классический подход на основе методов анализа статистических данных и аппарата теории случайных функций не позволяет корректно определить вероятности безотказной работы или времени наступления отказа и приводит к существенным ошибкам и невысокой достоверности прогноза из-за недостаточности имеющейся статистики. Учитывая это обстоятельство, предлагается использовать ФПП теории рисков, основанный на следующих принципах:

- процесс функционирования системы и ее ТС в любой момент времени определяются конечным набором контролируемых параметров;
- влияние на систему различных факторов приводит к изменениям ее параметров и переходу в иное качественное состояние;
- следствием отклонений и выхода параметров за пределы области допустимых значений являются отказы.

Использование ФПП подразумевает оценивание текущего ТС СОН, прогнозирование изменения ТС и разработку программы упреждающих мероприятий и рекомендаций. Исходная информация для оценки ТС СОН – измеренные значения (оценки) ее параметров. Принятие решения осуществляется путем непосредственного сравнения оценок параметров с границами области работоспособности. Степень их удаленности от грани допустимых изменений можно использовать для оценки запаса работоспособности или остаточного ресурса в момент контроля.

Как было отмечено выше, основные трудности, возникающие при решении задачи предотвращения отказов СОН, связаны с учетом неопределенности исходной информации, имеющей различные источники происхождения.

Уменьшение неопределенности до минимально возможной величины, согласно теории информации, можно достичь за счет углубленного изучения имеющейся информации и поступления недостающей информации, изменяющей степень неосведомленности лиц, принимающих решения (ЛПР), о состоянии СОН. Учитывая эти обстоятельства, для эффективного решения задачи прогнозирования ТС необходимо:

- наличие информационной системы для сбора, структурирования и хранения исчерпывающей информации об изделии, полученной с разных этапов его ЖЦ;
- наличие интеллектуальной системы поддержки принятия решений (ИСППР) для прогнозирования ТС изделия, реализующей методы интеллектуального анализа нечетких,

недостовверных, неполных, неточных и противоречивых данных.

Существующий уровень интеграции информации, процессов и различных информационных систем в рамках ЖЦ СОН не обеспечивает требуемого качества информационного взаимодействия (оперативности, доступности, единообразия действий и интерпретации данных, возможности многократного использования результативной информации, опыта и знаний и т.п.) территориально-распределенных проектных организаций, представительств заказчика, предприятий-поставщиков, предприятий-изготовителей и эксплуатирующих организаций. Это обстоятельство связано с увеличением объема данных и необходимости их совместного использования. В настоящее время информационная поддержка ЖЦ наукоемких изделий реализуется на основе концепции CALS-технологий. Эта концепция нацелена на повышение качества продукции, минимизацию влияния «человеческого фактора», уменьшения временных и материальных затрат и предполагает создание единого информационного пространства (ЕИП), являющегося необходимым условием информационной интеграции. ЕИП должно обладать следующими основными свойствами: ЕИП охватывает и представляет в электронном виде всю информацию, созданную об изделии, в формате и виде, регламентированном стандартами CALS; ЕИП строится только на основе государственных и отраслевых информационных стандартов, используя программно-аппаратные средства, уже имеющиеся у участников ЖЦ; ЕИП постоянно развивается и совершенствуется.

Задача построения ЕИП сводится к выбору, конфигурированию и адаптации инструментальных средств, учитывающей специфику конкретного участника ЖЦ изделия; настройке баз данных и баз знаний, разработке необходимого программного обеспечения, определению числа автоматизированных рабочих мест (АРМ). Одним из основных компонентов структуры ЕИП является PDM-система, аккумулирующая всю информацию об изделии от различных прикладных систем в единую логическую модель. Таким образом, использование CALS-технологий для решения задачи информационной поддержки управления ТС объектов позволит более эффективно решать проблему предупреждения отказов СОН за счет следующих основных факторов:

- своевременного получения необходимой информации от участников ЖЦ СОН;
- предоставления имеющейся информации участникам ЖЦ СОН, для

проведения работ по обеспечению и улучшению эксплуатационно-технических характеристик изделия;

- оперативного доступа к информации о СОН, ресурсах, процессах и результатах, полученных на различных этапах ЖЦ;
- оперативного обмена информацией посредством АРМ при управлении ТС СОН;
- оперативного обмена информацией для своевременной актуализации баз данных и баз знаний ИСППР. К такой информации в первую очередь относятся специальным образом структурированные данные измерений параметров, полученные в процессе контрольных испытаний на этапах изготовления и эксплуатации СОН: предъявительских и приемосдаточных испытаний на приборостроительных заводах, входном контроле и испытаниях в составе летательных аппаратов (ЛА) на заводах-изготовителях ЛА, периодических испытаниях в составе ЛА в эксплуатирующих организациях до использования по прямому назначению и т.д.;
- качественного мониторинга ТС СОН.

В настоящее время перспективным направлением решения задач прогнозирования ТС является комплексное применение различных методов и моделей, их комбинирование и использование технологий теории искусственного интеллекта [4, 6–10]. Такой подход позволяет преодолевать ограничения, наложенные на традиционные методы, эффективно использовать их преимущества и, в то же время, преодолевать некоторые недостатки.

Для решения задачи прогнозирования ТС предлагается использовать ИСППР. Данная система (рис. 1) представляет собой программно-аппаратный комплекс, использующий и интегрирующий элементы технологий искусственного интеллекта и информационных систем для обработки значительных объемов объективной и субъективной информации, и предназначена для использования совместно с комплексом контрольно-проверочной аппаратуры (ККПА) как на этапе производства, так и на этапе эксплуатации.

Решение проблемы повышения эксплуатационной надежности и безопасности эксплуатации СОН, учитывая, что ее надежность закладывается на этапе проектирования, обеспечивается на этапе производства и поддерживается на этапе эксплуатации, невозможно без тесной координации действий всех участников ЖЦ изделия при подготовке и принятии различных организационных, технологических и технических решений и их выполнении.

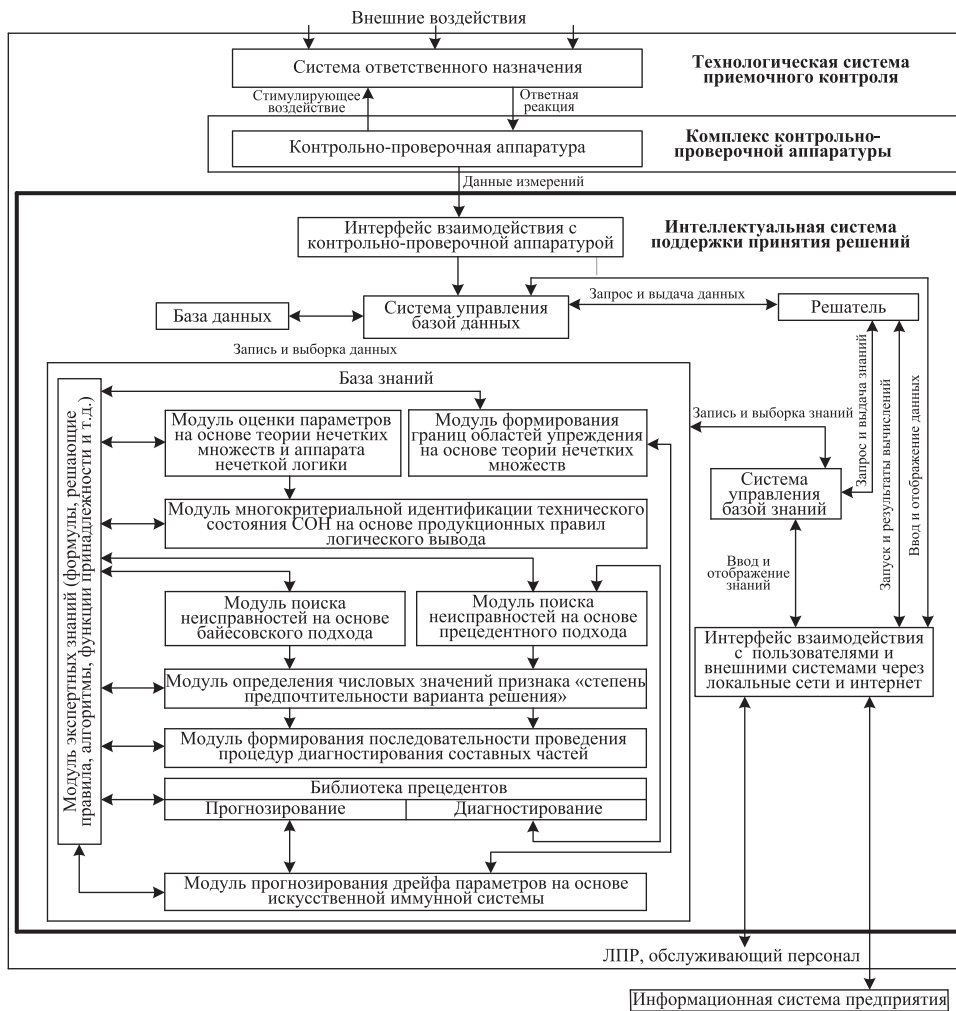


Рис. 1. Концептуальная модель ИСППР

Рассмотрим на примере процесс выработки управляющей информации для всех заинтересованных сторон при выполнении приемочного контроля изделия на предприятии-изготовителе (рис. 2).

Результаты автоматизированного контроля параметров отдельных устройств и комплексных параметров СОН, характеризующих функционирование отдельных устройств в рабочих режимах, полученные с использованием ККПА поступают в ИСППР. В качестве параметров, подлежащих прогнозированию, используются заранее выбранные параметры СОН, выход значений которых за пределы допусков приводит к критическому отказу изделия. Критерием выбора таких параметров является допустимый уровень по тяжести возможных последствий. Далее результаты измерений преобразовываются в формат, соответствующий программе обработки данных. Прогнозирование дрейфа параметра СОН сводится к формированию прогноза, состоящего из двух частей: точечного и интервального прогноза. Точечный прогноз представляет собой оценку значения прогнозируемой переменной времени от момента составления прогноза до момента, когда параметр достигнет границы заранее установленной области упреждения в пределах зоны до-

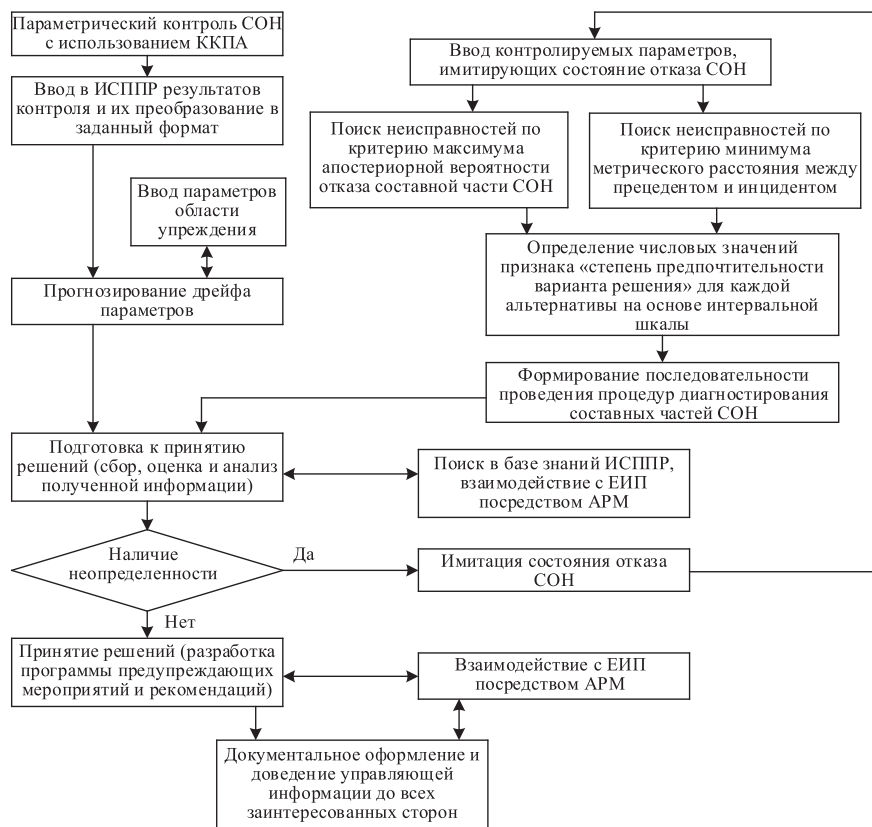


Рис. 2. Обобщенная структурная схема процесса принятия решения при прогнозировании ТС СОН

пустимых его значений. Интервальный прогноз – это пессимистичная и оптимистичная оценки значений прогнозируемой переменной, определяющих границы интервала, в котором можно ожидать появление фактического значения прогнозируемой переменной. Параметр области упреждения для каждого прогнозируемого параметра выбирается по классификатору, построенному на основе математического аппарата нечетких множеств с использованием заданных экспертами  $\alpha$ -уровней нечеткой переменной «годен». Для прогнозирования применяется искусственная иммунная система (ИИС) ИСППР, основанная на комбинации активно развивающихся подходов, а именно, метода моделирования рассуждений на основе прецедентов, иммунной модели клональной селекции [6–8,10] и метода аппроксимации кубическими сплайнами. Принципы построения и функционирования предлагаемой ИИС освещены в работах [7, 8].

На этапе подготовки к принятию решений поступившие прогнозы ранжируются по оценкам значений прогнозируемой переменной в направлении увеличения их значений, выбирают наилучшие прогнозы и выявляют с использованием руководства по эксплуатации изделия составные части СОН, ТС которых определяется параметрами с наихудшими прогнозами. При наличии неопределенности при выборе составной части имитируют средствами ИСППР отказ системы по данному параметру, присваивая ему лингвистическую оценку «не годен». Результаты моделирования поступают на модули поиска неисправностей ИСППР. Первый модуль при поиске решения имитирует вероятностные рассуждения высококвалифицированных специалистов на основе знания из опыта вероятностных закономерностей между нарушениями в работе объекта контроля и причинами их вызывавшими [9]. Второй модуль при поиске решения имитирует правдоподобные рассуждения высококвалифицированных специалистов на основе прецедентов, заключающиеся в использовании решений, которые принимались ранее в подобных случаях, и при необходимости в адаптации этих решений к текущей проблемной ситуации [10]. Результатом обработки исходных данных двумя параллельно работающими модулями являются две последовательности вариантов предлагаемых решений, ранжированных по разным критериям. Сопоставление таких упорядоченных наборов проводится путем оценивания каждой предлагаемой альтернативы по единому признаку. На основе такого оценивания формируется окончательная последовательность вариантов решений в виде числовых значений этого признака. Это означает, что состав-

ная часть СОН, которая имеет большее числовое значение признака «степень предпочтительности варианта решения» является искомой.

После выявления составных частей СОН, на этапе подготовки к принятию решений, собирается необходимая информация об изделии, процессах и ресурсах в существующем информационном обмене в рамках ЖЦ изделия с помощью АРМ, обеспечивающего быстрый направленный поиск информации в ЕИП. Еще одним источником контрольно-диагностической информации является библиотека прецедентов, входящая в базу знаний ИСППР, где представлена измерительная информация, описывающая состояние отказа и решения в виде поставленных диагнозов и рекомендаций. После систематизации собранной информации определяются объем и характер профилактических и ремонтных работ, проводится оценка возможности проведения корректирующих и предупреждающих мероприятий, составляются рекомендации по проведению упреждающей настройки, дополнительной регулировки, отладки взаимодействия составных частей в составе СОН без ее разборки, корректируется состав комплекта запасных частей, инструментов и принадлежностей. Также решается задача назначения целесообразных моментов для проведения контроля ТС, в промежутках между которыми не произойдет отказа, профилактических и ремонтных работ.

На этапе принятия решений разрабатывается программа предупреждающих мероприятий, которая согласовывается при помощи АРМ с участниками ЖЦ изделия. Она содержит указания на последовательность действий, используемые методы и технические средства, исполнителей, сроки проведения и т.д., учитывая конкретные условия и обстоятельства. При необходимости разрабатываются рекомендации по проведению корректирующих и предупреждающих мероприятий для всех участников ЖЦ изделия. После документального оформления управляющая информация доводится до всех заинтересованных сторон в бумажной и электронной форме.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе предложен подход к решению задачи предупреждения отказов СОН, базирующийся на индивидуальном прогнозировании дрейфа контролируемых параметров технического объекта, позволяющий осуществлять индивидуальное планирование профилактических мероприятий. Отличительной особенностью данного подхода является использование ИСППР и АРМ, которые дают возможность решить комплекс задач при формировании управ-

ляющей информации с использованием инструментария интеллектуального анализа данных и технологии компьютерного сопровождения и поддержки ЖЦ изделия. Полученные теоретические результаты лежат в русле дальнейшего развития и совершенствования теории и практики адаптивного управления ТС и безопасности сложных технических систем.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Чубасов В. А., Алешин А. С., Прутков Г. М. Основные принципы и критерии адаптивного управления техническим состоянием ракетно-артиллерийского вооружения // Известия РАН. – 2017. – № 4 (99). – С. 99–104.
2. Кежаев В. А., Чубасов В. А. Методика системного анализа адаптивного управления техническим состоянием ракетно-артиллерийского вооружения // Известия РАН. – 2018. – № 1 (101). – С. 87–93.
3. Абрамов О. В. К проблеме предотвращения аварий технических объектов ответственного назначения // Надежность и качество сложных систем. – 2013. – № 1. – С. 11–16.
4. Дуго Г. Б., Дуго Н. Б. Возможности использования эволюционного моделирования в прогнозировании технического состояния систем ответственного назначения // Информатика и системы управления. – 2017. – № 4 (54). – С. 81–93.
5. Пономарев В. И., Страхов А. Ф. Особенности управления жизненным циклом сложных технических систем в современных условиях // Вестник воздушно-космической обороны. – 2016. – № 1(9). – С. 98–105.
6. Кораблев Н. М., Иващенко Г. С. Гибридный метод краткосрочного прогнозирования временных рядов на основе модели клонального отбора // Нейроинформатика: научно-техническая конференция с международным участием: сборник научных трудов. – М., 2014. – Т. 1, с. 79–89.
7. Смирнов В. А., Смирнов Д. В. Разработка концептуальной модели искусственной иммунной системы прогнозирования дрейфа параметров бортовой аппаратуры // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2017. – № 4. – С. 95–108.
8. Смирнов В. А., Смирнов Д. В. Подход к прогнозированию дрейфа критических параметров бортовой системы управления на основе модифицированного иммунного алгоритма // H&ES Research – Научные технологии в космических исследованиях Земли. – 2018. – № 1. – С. 69–81.
9. Смирнов В. А. Поиск неисправностей в бортовых системах управления в процессе приемочного контроля // Информационно-управляющие системы. – 2013. – № 2. – С. 24–28.
10. Ларин В. П., Смирнов В. А., Шелест Д. К. Применение интеллектуальных моделей диагностирования при приемочном контроле сложных технических объектов // Датчики и системы. – 2015. – № 2. – С. 5–10. ■

**В** последние годы все больше кораблей и судов оснащаются гидроакустическими системами различного назначения. Это и однолучевые, и многолучевые эхолоты, гидролокаторы секторного и бокового обзора, донные профилографы, системы подводного позиционирования и т. д.

Одна из важнейших составляющих эффективной работы любой гидроакустической системы – качественное функционирование ее приемопередающей антенны. Поэтому выбор оптимального варианта ее размещения является одним из ключевых моментов при проведении проектных работ по установке системы на судно.

АО «МНС» накоплен опыт установки гидроакустических систем различного назначения на кораблях и судах, выполняющих работы как на чистой воде, так и в условиях ледовых полей.

На сегодняшний день применяются следующие варианты установки антенн: врезка в корпус, монтаж в обтекателе, монтаж в гондоле и установка на подъемно-опускном устройстве (далее – ПОУ).

Каждый из вышеперечисленных способов вариантов имеет свои преимущества и недостатки и, несомненно, может более или менее подходить для того или иного проекта корабля или судна в зависимости от его назначения.

Сотрудниками АО «МНС» доктором технических наук Н.А. Нестеровыми и заместителем начальника отдела А.В. Арустамовым с помощью аппарата теории принятия решений проведена оценка способов размещения заборного оборудования на примере размещения антенн многолучевого эхолота на строящемся гидрографическом судне, предназначенном для работы в умеренных широтах [1].

В результате анализа данных установлено, что приоритетным способом установки является ПОУ, имеющее ряд важных преимуществ, таких как:

- удаление антенны от корпуса судна, который является источником шумов;
- возможность подъема антенны внутрь корпуса судна при возникновении угрозы ее повреждения при плавании в условиях ледовых полей;
- возможность технического обслуживания и ремонта антенны без постановки судна в док.

Фактический опыт установки, обслуживания и использования по назначению антенн на ПОУ подтверждает приоритетность этого варианта.

Благодаря сотрудничеству АО «Морские навигационные системы» (г. Санкт-Петербург, РФ) и Deck Marine Systems (г. Таллин, Эстония) совместно создана линейка ПОУ, отвечающих высоким требованиям судостроительных стандартов. При этом разработано несколько вариантов исполнения ПОУ для его использования на кораблях и судах любого назначения и водоизмещения.

**Исполнение ТН** (рис. 1) – основное в линейке. Это ПОУ традиционной конструкции, состоящее из выдвижного штока (длина опускаемой части от 1,5 до 3,2 м), фланца крепления к днищу, смотровой камеры, клинкет, электропривода и блока управления. Преимущество этого исполнения состоит в том, что обслуживание антенны не требует постановки судна в док или привлечения водолазов. Осмотр, об-



Рис. 1

## ПОДЪЕМНО-ОПУСКНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

*С.А. Груничев, руководитель проекта АО «МНС»,  
Дмитрий Екимов, ген. директор Deck Marine Systems,  
контакт. тел. (812) 320 3840*

служивание и замена поднятой антенны проводятся при закрытом клинжете через смотровую камеру. Конструктивно ПОУ данной серии выполнено таким образом, чтобы выдвинутая часть с установленной на ней антенной в минимальной степени подвергалась воздействию вибрации. Изделие, по желанию заказчика, может быть изготовлено из кораблестроительной или высоколегированной стали, нержавеющей стали и/или алюминиевого сплава. Выбор зависит от предполагаемой нагрузки, условий среды и материала корпуса судна.

**Исполнение УН** (рис. 2) разработано для установки на судах малого водоизмещения в условиях ограничения вертикального пространства в корпусе. Антенна располагается в металлическом коробе, прикрепленном к днищу судна. В этом случае можно обойтись меньшей длиной опускаемой части. Поэтому она выполнена не вертикально опускаемой, а вываливаемой, установленной на жестко-подвижном шарнире. Тем самым обеспечиваются достаточное для работы заглубление, защита от льда и от повреждений при касании грунта. Компактность изделия позволяет использовать его на маломерных судах.



Рис. 2

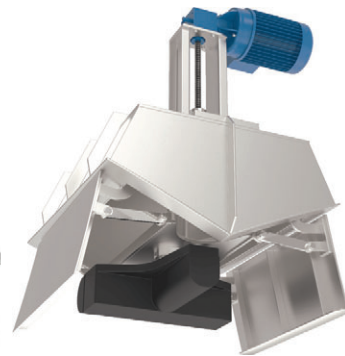


Рис. 3

**Исполнение GT** (рис. 3) – новая совместная разработка. Главное достоинство исполнения – возможность установки на небольшие суда. Камера ПОУ размещается в килевой части и закрывается специальными дверцами, сводя к минимуму сопротивление движению судна. Конструкция по принципу работы напоминает складывающиеся шасси самолета. Жесткая конструкция блока GT-серии обеспечивает точное позиционирование антенны на борту судна, проводящего съемку.

Все рассмотренные конструкции ПОУ разработки Deck Marine Systems и АО «МНС» обладают значительным потенциалом для модернизации и могут быть доработаны под конкретные требования заказчика. Готовые изделия проходят полный цикл заводских испытаний с участием представителя Российского морского регистра судоходства, после чего они получают соответствующий сертификат.

Специалисты АО «МНС» осуществляют полный цикл технического сопровождения каждого конкретного проекта ПОУ: разработка, проектирование, шеф-монтажные и сдаточные работы, инженерная и сервисная поддержка оборудования.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Нестеров Н. А., Арустамов А. В. О выборе оптимального варианта размещения антенн многолучевого эхолота // Записки по гидрографии. – 2016. – № 298.
2. <https://www.deckmarinesystems.com> ■



## ВВЕДЕНИЕ

Северный морской коридор (СМК) в том числе и Северный морской путь\*, – кратчайший морской путь между европейской частью России и Дальним Востоком; законодательством РФ определен как «исторически сложившаяся национальная единая транспортная коммуникация России в Арктике» [1].

Объем перевозок грузов через СМК постоянно возрастает. В 2016 г. он составил 7480 тыс. т [1]. КНР рассматривает доставку грузов через СМК в Европу выгоднее, чем через Индийский океан, Красное и Средиземное море. Среди китайских грузовых судов первым еще в 2013 г. СМК прошел контейнеровоз «Yong Sheng». Он вышел из порта Дальянь и прошел через Берингов пролив за 30 дней, что на две с половиной недели меньше, чем традиционный путь в 48 дней через Суэцкий канал и Средиземное море. Это неудивительно, ведь протяженность СМК – 15 000 км, что на 4444 км меньше, чем путь из Шанхая в Роттердам через Суэцкий канал. Экономия составила 820 тыс. долл. на перевозке груза. СМК может стать «Полярным шелковым путем» как часть более широкой китайской программы «Пояс и путь» [2]. Однако в настоящее время существующее навигационное\*\* и информационное\*\*\* обеспечение не гарантируют надежного безопасного судовождения в Арктическом регионе.

## ТРЕБОВАНИЯ ММО/ИМО К НАВИГАЦИОННОМУ И ИНФОРМАЦИОННОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ СУДОВ В АРКТИКЕ

Суда, эксплуатируемые в полярных широтах, должны соответствовать требованиям ММО/ИМО – Резолюции А.1024 (26), «Руководство для судов, эксплуатируемых в полярных водах», 2009 г., Международному полярному кодексу,

\* Административно Северный морской путь (СМП) на западе ограничен западными входами в Новоземельские проливы и меридианом, проходящим на север от мыса Желания, а на востоке, в Беринговом проливе, – параллелью 66 °с.ш. и меридианом 168°58'37" з.д.

\*\* Навигационное обеспечение – комплекс (система) мероприятий, проводимых в целях создания и поддержания благоприятных условий для навигации мобильных объектов. Навигация – выбор оптимального безопасного пути движения, определение места и перемещения судна в море с учетом влияния внешней среды на направление движения и скорость судна.

\*\*\* Информационное обеспечение судовождения – передача мореплавателям информации по безопасности на море, объявления прибрежных предупреждений, срочных сообщений, касающихся безопасности мореплавания с использованием гидрометеорологической и ледовой информации, передачей корректуры навигационных карт, а также сообщений по поиску и спасанию.

# АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОБМЕНА ДАННЫМИ ОБЪЕМА ДИАПАЗОНА В НАВИГАЦИОННОМ И ИНФОРМАЦИОННОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ СУДОВ В АРКТИКЕ

**Ю.И. Базаров**, канд. техн. наук, советник ген. директора, ст. науч. сотрудник, **В.А. Атаманюк**, канд. техн. наук, директор Департамента, зам. директора Дивизиона «Морские системы», АО «Кронштадт Технологии» (Группа «Кронштадт»), *контакт. тел. (812) 449 9090, доб. 585 02, 125 33, +7 (911) 215 6249, +7 (911) 270 6244*

вступившему в силу 01.01.2017 г. с учетом правок Международной конвенции по охране человеческой жизни на море (СОЛАС), Международной конвенции по предотвращению загрязнения с судов (МАРПОЛ), а также Правил плавания в акватории Северного морского пути, введенным в действие приказом министра транспорта Российской Федерации от 17.01.2013, № 7.

В настоящее время ММО/ИМО совместно с МАМС/IALA начинают реализацию разработанной в течение более 12 лет концепции e-Навигации [3], коммуникационной составляющей которой планируется АСОД (VDES-VHF Data Exchange System).

## СОСТОЯНИЕ НАВИГАЦИОННОГО И ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В АРКТИКЕ

Наземные радионавигационные системы (РНС) РСДН-20 («Маршрут»), РСДН-5 («Чайка»), МАРС-75 не удовлетворяют требованиям по точности навигационного обеспечения (НО) не только в зонах прибрежного, но и морского плавания [4–6]. Средняя квадратическая погрешность (СКП) НО судов этими системами составляет порядка 60–1000 м. РНС РСДН-20 имеет «пятна», где отсутствуют зоны покрытия СМК, а РНС РСДН-5 и МАРС-75 имеют ограниченные зоны покрытия. Приемоиндикаторы (ПИ) этих систем выпущены давно и в небольшом количестве, новые версии не имеют большого спроса у гражданских потребителей. Другие наземные радионавигационные системы типа БРАС, РС-10, «Крабик-БМ» имеют небольшую зону покрытия (150–350 км) [6]. Разрабатываемая РНС «Спрут-Н1» имеет дальность 600 км и обеспечивает погрешность определения местоположения 15–20 м (СКП) [7]. Все наземные РНС требуют наличия соответствующих инфраструктуры, оборудования антенных полей, в состав систем должно входить не менее трех станций.

Эксплуатация РНС в условиях севера сопряжена с определенными погодными трудностями. Основными системами радионавигационного обеспечения судовождения в Арктике являются ГНСС (ГЛОНАСС/GPS). Погрешность определения местоположения судна – порядка 10–15 м ( $p = 95\%$ ). Повышение точности определения местоположения судна достигается за счет применения морских дифференциальных подсистем (МДПС), передающих дифференциальные поправки ДГНСС (ГЛОНАСС/GPS) по радиомаячным каналам, при этом погрешность уменьшается до 5–7 м ( $p = 95\%$ ). Сперва было установлено пять контрольно-корректирующих станций (ККС) (мыс Стерлегова, на островах Андрея, Столбовой, на реках Индигирка, Каменка). Станции введены в эксплуатацию АО «Кронштадт Технологии» (входит в Группу «Кронштадт»). Контроль качества обеспечивает контрольный пункт. Дальность действия ККС – порядка 200 км. Зоны обеспечения этими станциями не перекрывают весь СМП.

Размещение ККС для навигационного обеспечения судов в СМК приведено на рис. 1. В табл. 1 указаны координаты ККС.

Информационное обеспечение судовождения – передача мореплавателям информации по безопасности на море (предупреждений НАВАРЕА), объявления прибрежных предупреждений ПРИП «Запад», ПРИП «Восток» СМП, срочных сообщений, касающихся безопасности мореплавания с использованием гидрометеорологической информации, а также сообщений по поиску и спасанию, осуществляется через Международную службу сети безопасности – через спутниковую систему ИНМАРСАТ (SafetyNet) и береговую станцию службы NAVTEX порта Тикси. Кроме этого, используются УКВ радиостанции в зоне действия СУДС (50–70 км), радиостанции КВ (50–200 миль – работают по расписанию) [8].

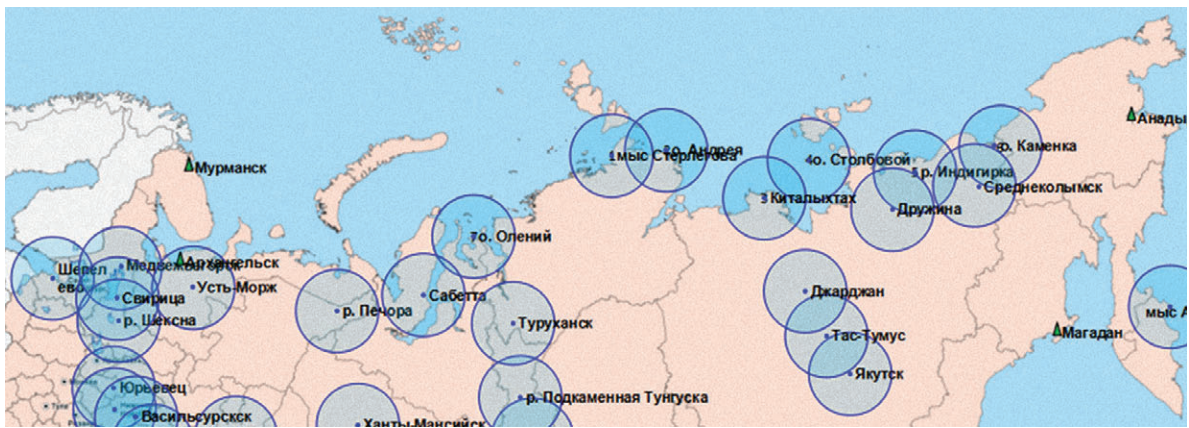


Рис. 1. Размещение ККС в Северном морском коридоре

Таблица 1  
Координаты ККС

Местонахождение	Координаты	
Мыс Стерлегова	75°24'58 с.ш.	88°55'4 з.д.
о. Андрея	76°44' с.ш.	110°27' з.д.
Киталыхтах		
о. Столбовой	74°10' с.ш.	135°27' з.д.
Устье р. Индигирки	71°16' с.ш.	150°16' з.д.
р. Каменка	69°28' с.ш.	161°14' з.д.
о. Олений	72°36' с.ш.	77°39' з.д.

В декабре 2017 г. введена СУДС порта Сабетта. В ее состав входят станции БС АИС, радиостанции УКВ, ПВ/КВ диапазонов, INMARSAT, IRIDIUM, NAVTEX, TELEX. Это шестой объект МДПС, введенный АО «Кронштадт Технологии» в Арктике [9].

СУДС Сабетта оказывает информационные услуги и услуги по организации движения судов только с использованием автоматической идентификационной системы (АИС) и УКВ радиосвязи.

### МОНИТОРИНГ СУДОВ В АРКТИКЕ

Мониторинг судов в Арктике, в том числе и на маршруте СМП, выполняется комплексной интегрированной инфор-

мационной системы (КИИС) MoPe с помощью:

- системы дальней идентификации и контроля местоположения судов (Long Range Identification and Tracking of ships – LRIT). Канал спутниковой радиосвязи (INMARSAT);
- низкоорбитальной спутниковой системы с приемником АИС по контракту с компанией ExactEarth;
- береговых станций АИС.

На рис. 2 приведен screenshot мониторинга судов в Арктике КИИС MoPe [10].

Красными звездочками обозначено местоположение судна, определенное одной из систем мониторинга.

По данным КИИС MoPe, интервалы получения информации о местоположении судов составляют в северных широтах, в том числе и на маршрутах СМП в среднем один час; в средних широтах – от одного до двух часов.

Одним из провайдеров спутниковой информации АИС является компания ExactEarth, которая имеет девять своих низкоорбитальных спутников, а также получает согласно контракту с компанией Iridium Satellite LLC информацию от 19 низкоорбитальных спут-

ников Iridium Next (высота – 780 км, наклонение – 86,4°), на которых установлена приемная аппаратура АИС [11, 12]. Время задержки получения информации в арктических широтах РФ – от 1 до 6 минут. Планируется иметь 58 спутников Iridium Next с аппаратурой АИС [12]. В этом случае над Арктикой, в том числе и на маршруте СМП и даже в любой точке РФ, практически всегда будет наблюдаться хотя бы один спутник Iridium Next, а это значит, что в зоне покрытия спутником связь, реализуемая по каналам АСОД, между судами, а также между судном и Федеральными бассейновыми управлениями Сибири может осуществляться практически в реальном масштабе времени. Это существенно важно для передачи дифференциальных поправок Системы дифференциальной коррекции и мониторинга (СДКМ) по каналам АСОД в Арктике.

На отечественном спутнике «Ресурс-П2» был установлен приемник АИС. Эксперименты по мониторингу судов были положительными [13]. Но в настоящее время оборудование спутника (не АИС) вышло из строя. Планируется иметь в системе шесть спутников (четыре – «Ресурс-ПМ», два – «Обзор-Р») с аппаратурой АИС, при этом будет обеспечена скважность в северных широтах порядка 40 минут.

### СЛАБЫЕ МОМЕНТЫ НАВИГАЦИОННОГО И ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СУДОВ В АРКТИКЕ И НА АКВАТОРИИ СМП

- Недостатки обеспечения СМП [14]:
- сеть ККС, передающих дифпоправки по радиомаячному каналу, не полностью перекрывает СМП;
  - использование системы дифференциальной коррекции и мониторинга (СДКМ) проблематично в силу того, что передача поправок осуществляется через геостационарные спутники, видимость которых в арктических широтах не обеспечивается;

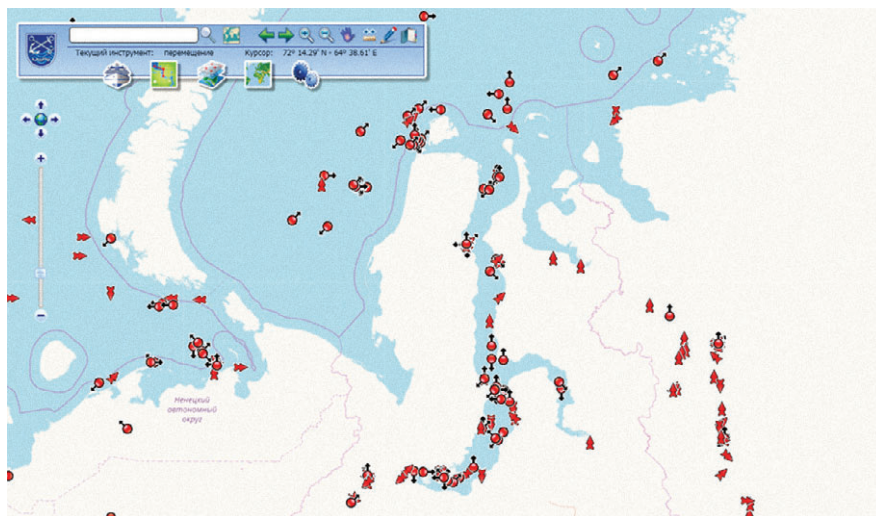


Рис. 2. Скриншот мониторинга судов в Арктике КИИС MoPe

- прибрежные предупреждения по сети SafetyNET системы ИНМАРСАТ осуществляется только для двух прямоугольных районов акватории СМП, соответственно для западного и восточного районов;
- информация о безопасности по системе NAVTEX осуществляется в период с июля по октябрь;
- геостационарные связи спутники INMARSAT, не перекрывают Арктический бассейн;
- радиосистемы ПВ/КВ, по данным администраций ГБУ, работают неустойчиво. Включаются по расписанию. Передаваемая оперативная информация запаздывает, а порой просто устаревает;
- мониторинг судов осуществляется с большой дискретностью и не во всем Арктическом бассейне;
- передача корректуры навигационных карт требует большей оперативности;
- низкая автоматизация подготовки информационных сообщений береговыми службами и регулярных рапортов на судах;
- оперативная удаленная медицинская помощь практически отсутствует.

В целом навигационное и информационное обеспечения судов в Арктике и на маршруте СМП отстают от требуемого.

### ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ВОЗМОЖНОСТЬ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОБМЕНА ДАННЫМИ В НАВИГАЦИОННОМ И ИНФОРМАЦИОННОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ Е-НАВИГАЦИИ В АРКТИКЕ

Назначение: АСОД должна выполнять функции [15]:

- автоматической идентификационной системы в соответствии с Рекомендациями МСЭ-R М.1371-5 и МСЭ-R М.2092-0+ с первым приоритетом;
- поддерживать сервис применения специальных сообщений (ASM) согласно циркуляру ММО/ИМО SN.1/Circ.289 2 June 2010, а также с учетом новых разрабатываемых МАМС/IALA сообщений;
- производить обмен информацией по наземным (VDE1) и спутниковым каналам связи (VDE-SAT).

Технические характеристики (ITU-R М.2092-0+) [15]:

- каналы обмена информацией соответствуют диапазону ОВЧ морской подвижной службы (Приложение 18 Регламента Радиосвязи, 156,025–162,025 МГц);
- метод разделения каналов – множественный доступ с временным разделением сигналов;
- синхронизация передач – по вре-

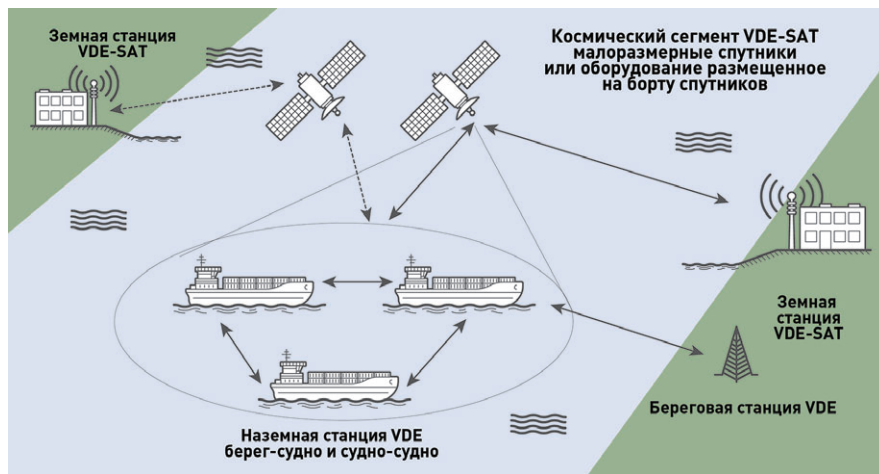


Рис. 3. Принцип функционирования АСОД

- мени UTC (сигналы ГНСС ГЛО-НАСС/GPS);
  - определение местоположения по сигналам ГНСС ГЛО-НАСС/GPS/Galileo;
  - передача рапортов о местоположении в случае отказа судового ГНСС;
  - канальная скорость передачи информации – от 9.8 до 307.2 кбит/с в зависимости от схемы модуляции, кодирования и ширины канала;
  - средняя мощность передатчика в каналах VDE должна составлять не менее 1 Вт и не должна превышать 25 Вт;
  - выходная мощность передатчика в каналах AIS и ASM должна быть управляемой – 1 Вт или 12,5 Вт.
  - чувствительность – от минус 96 до минус 110 дБмВт в зависимости от схемы модуляции, кодирования и полосы пропускания;
- Принцип функционирования АСОД показан на рис. 3.

### «ДОРОЖНАЯ КАРТА» ВВЕДЕНИЯ АСОД В ДЕЙСТВИЕ

Согласно дорожной карте (проект) [16], уточненной МАМС/IALA (ENAV21, сентябрь 2017) и поддерживаемой ММО/ИМО (рис. 4), к 2020 г.

МСЭ/ITU разработает вторую редакцию Резолюции ITU-R М.2092-1 и санкционирует выделение спутниковых каналов, Международная электротехническая комиссия (МЭК/IEC) разработает стандарт на судовую аппаратуру АСОД, ММО/ИМО утвердит Резолюцию по характеристикам АСОД.

Согласно этому плану внедрение АСОД реализуется поэтапно:

1. 2016 г. – АИС функционирует, как определено Международным союзом электросвязи в МСЭ-R М.1371-5, на частотах AIS1 и AIS2, береговые станции используют частоты ASM и VDE для голосовой связи (Voice VHF).

2. 2017–2018 гг. – передаются сообщения, одобренные WRC-15 АИС+ASM, в региональном масштабе, когда существует настоятельная необходимость разгрузки каналов АИС со значительным объемом передачи ASM сообщений рекомендуется внедрение 4-канальных устройств АИС+ASM. Эти устройства могут принимать и передавать ASM на частотах ASM1 и ASM2.

После 1 января 2019 г. они должны прекратить передачу с использованием существующей модуляции GMSK, если обновление программного обеспечения

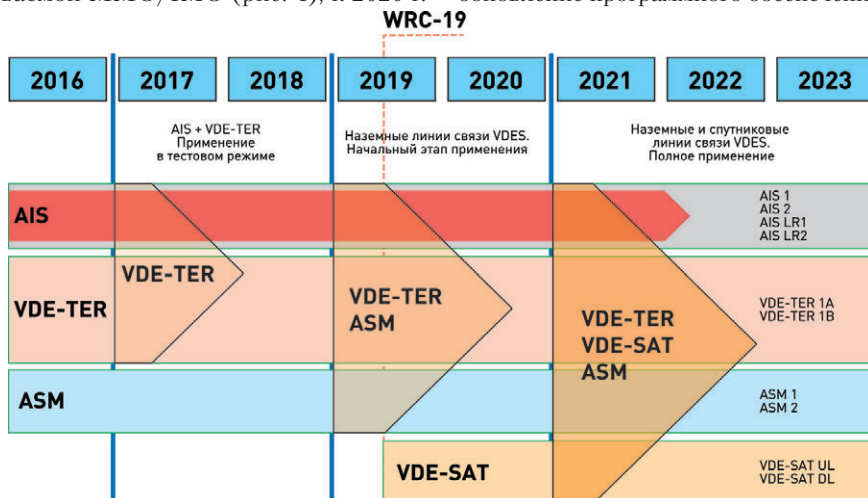


Рис. 4. «Дорожная карта» введения АСОД в действие (проект)

## Перечень функций, возлагаемых на береговую станцию АСОД

не позволит им участвовать в схеме модуляции и доступа, согласованной для частот ASM. Следует учесть, что в течение этого периода во многих областях с береговых станций будет использоваться голосовая связь на частотах ASM.

3. 2019 г. – ВКР-19 рассмотрит и примет решение относительно каналов спутниковой цифровой связи VDE-SAT.

4. 2019–2020 гг. – после ВКР-19 окончательно будут определены возможности применения VDE-SAT. Необходимо иметь в виду, что частоты ASM и VDE во многих областях по-прежнему могут быть необходимы и для передачи голоса в полосе ОВЧ.

5. 2021 г. + – при завершении разработки спутниковой службы могут быть достигнуты полные эксплуатационные возможности АСОД.

Система передачи данных в ОВЧ диапазоне рассматривается как эффективное использование радиочастотного спектра, реализующее растущие требования к передаче информации. Новые методы, обеспечивающие более высокие скорости передачи данных, чем те, которые используются для АИС, являются основными элементами разработки АСОД. Кроме того, сетевой протокол АСОД оптимизирован для передачи данных таким образом, что каждое сообщение передается с высокой степенью надежности его приема. АСОД увеличивает возможности обмена цифровыми данными аналогично АИС, который включает широкополосный обмен информацией с судами, передачу адресного сообщения конкретному судну или группе судов в пределах географического района или конкретной флотилии.

## АСОД В АРКТИКЕ

В табл. 2 приведен основной перечень функций, возлагаемых на береговую станцию АСОД согласно руководящим указаниям МАМС [16] и сервисы, которые поддерживают выполнение этих функций согласно SIP ИМО [3].

АСОД в Арктике позволит повысить точность и надежность навигационного обеспечения, безопасность плавания судов за счет передачи в системе АСОД по спутниковым каналам морской подвижной службы дифференциальных поправок СДКМ, учитывающих быстрые и долгосрочные поправки к эфемеридам, поправки к частотно-временным характеристикам спутников ГНСС ГЛОНАСС/GPS, поправки на задержку в ионосфере, оценки деградации параметров, информацию о целостности системы и др. [17]. Форматы сообщений должны соответствовать ИД СДКМ [17]. В судовой навигационной аппаратуре потребителей (НАП) должен быть пре-

Функция (МАМС/IALA)	Информация, поддерживающая выполнение функции	MSP (ММО/ИМО)	
Обеспечение безопасности плавания Морских судов	Сообщения о навигационных опасностях	MSP 5	
	Распространение ледовых карт	MSP 13	
	Сообщения о метеорологической обстановке	MSP 14	
	Сообщение о реальных гидрографических данных и состоянии окружающей среды	MSP 15	
Прием судовых рапортов	Донесения о месте судна	MSP	
	Данные, записываемые черным ящиком (VDR)	MSP	
	Реальные гидрографические данные и состояние окружающей среды в регионе плавания	MSP 15	
	Сообщение о грузе	MSP -	
	Сообщение о нападении пиратов	MSP -	
	Сообщение об обнаружении пиратов	MSP -	
Управление движением судов	Сообщения СУДС, связь между СУДС	MSP 1	
	Данные по оказанию устойчивого высокоточного обеспечения определения места, времени (PNT) и безопасной навигации судна в зоне ответственности СУДС, автоматическое уведомление об отказах береговых систем обеспечения	MSP 2	
	Указания по организации трафика, динамическое предвычисление движения судна, обмен маршрутной информацией и выдача рекомендаций по маршруту следования	MSP 3	
	Сервис, обеспечиваемый портовыми службами	MSP 4	
	Сервис по лоцманской проводке	MSP 6	
	Сервис по буксировке	MSP 7	
	Распространение навигационных карт и документации	Данные по корректуре навигационных карт	MSP 11
		Сообщения об опубликованной морской документации	MSP 12
Сообщение о реальных гидрографических данных и состоянии окружающей среды		MSP 15	
Обмен маршрутными данными	Сообщения СУДС, связь между СУДС	MSP 1	
	Данные по оказанию устойчивого высокоточного обеспечения определения места, времени (PNT) и безопасной навигации судна в зоне ответственности СУДС, автоматическое уведомление об отказах береговых систем обеспечения	MSP 2	
	Указания по организации трафика, динамическое предвычисление движения судна, обмен маршрутной информацией и выдача рекомендаций по маршруту следования	MSP 3	
	Сервис, обеспечиваемый портовыми службами	MSP 4	
	Сообщения о навигационных опасностях	MSP 5	
	Сервис по лоцманской проводке	MSP 6	
	Сервис по буксировке	MSP 7	
	Сервис по передаче судовых докладов, автоматически формируемых на судне	MSP 8	
	Сервис по оказанию любой помощи, запрошенной судном	MSP 10	
	Данные по корректуре навигационных карт	MSP 11	
	Сообщения об опубликованной морской документации	MSP 12	
	Распространение ледовых карт	MSP 13	
	Сообщения о метеорологической обстановке	MSP 14	
	Сообщение о реальных гидрографических данных и состоянии окружающей среды	MSP 15	
	Обеспечение поисково-спасательной операции	Рекомендации по оказанию удаленной медицинской помощи	MSP 9
Связь между участниками поисково-спасательной операции		MSP 16	
Обеспечение логистики	Данные по буксировке	MSP 7	

дусмотрен вход от судовой аппаратуры АСОД для приема этих поправок. Зона обеспечения – вся Арктика. Доступ к этой информации со стороны берегового оборудования АСОД может осуществляться по Internet (сайт СДКМ <http://www.sdcm.ru>) или поправки СДКМ могут поступать с выхода внутреннего приемника ГНСС оборудования АСОД, имеющего такой выход, на вход процессора для последующей передачи их по спутниковому каналу АСОД. В СДКМ передача информации осуществляется блоком в 250 бит (информационные и служебные), занимающим 1 секунду. Сообщения быстро меняющихся поправок передаются каждые 6 секунд (сообщения С2-С5, С25 таблицы Е.1 ИКД СДКМ). С учетом дополнительных сообщений (типа С1, С7, С10, С18, С26, и др.), имеющих время устаревания более 60 секунд, общий объем информации за 6 секунд составляет 15 000 бит. Для передачи этого объема информации по спутниковому каналу АСОД, имеющему скорость передачи порядка 307 кбит/с, потребуется 0,048 с. Очевидно, что это не загружает спутниковый канал в принципе. Погрешность определения местоположения судна при этом составит около 0,5 дм–2 м (вероятностью  $p = 68\%$ ) [18 [https://www.glonass-iac.ru/guide/gnss/function\\_dop.php](https://www.glonass-iac.ru/guide/gnss/function_dop.php)].

При обеспечении режима РРР (Precise Point Positioning) в ГНСС ГЛО-НАСС и передачи ионосферных поправок СДКМ по каналам АСОД погрешность определения местоположения судна в море при одночастотном приемнике может быть меньше 1 м, как это достигнуто в модуле  $\mu$ -blox с приемом сигналов GPS [19]. При двухчастотном приемнике погрешность может быть существенно уменьшена, до 10–15 см. Определение местоположения судна будет осуществляться в реальном масштабе времени, что в перспективе обеспечит автосудовождение (безэкипажное), доставку грузов при удаленном способе управления судном с береговой станции АСОД.

В [20] предлагается повысить точность определения местоположения судна с изменением технологии определения диффпоправок ККС и передачи их по радиомаячным каналам путем:

- исключения из интегральной поправки к псевдодалности, определенной ККС, погрешности, вносимые ионосферой и тропосферой, т.е. получение поправки к эфемеридам и уходу часов спутника;
- передачи этих новых поправок по радиомаячному каналу на суда;
- исключения влияния ионосферы двухчастотным способом;
- расчета и учета фактических значе-

ний поправок за счет тропосферы (при знании пять метеорологических параметров температуры, атмосферного давления, давления насыщенных водяных паров...), оцененных и рассчитанных на судне.

Такая технология потребует знания метеорологических параметров как на ККС, так и на судне, доработке соответствующего аппаратного (если рассчитывать автоматически) и программного обеспечения на ККС и судне.

Авторы предполагают повысить точность определения местоположения судна до 4,6 м ( $p = 95\%$ ) на расстоянии до 500 км от ККС.

При такой технологии необходимость приемника радиомаячного канала сохраняется. Кроме этого, большой проблемой в условиях севера является установка антенны радиомаячного передатчика.

- снизить риск экологической катастрофы за счет повышения точности плавания судна;
- осуществлять мониторинг судов практически в реальном масштабе времени;
- обеспечить оперативное управление судами (выдача рекомендаций по маршруту, уточнение маршрутных данных, передачу применения специальных сообщений (ASM), сообщения о навигационных опасностях, прием судовых рапортов, связь между СУДС...);
- обеспечить логистику судов;
- обеспечить безэкипажное плавание специальных судов при проведении исследовательских работ, доставки грузов в удаленные районы;
- обеспечить суда в Арктике для своевременной передачи корректуры карт, карт ледовой обстановки, гидрологической и метеорологической информации, прогноза погоды и др.;
- обеспечить оперативное проведение

- поисково-спасательных операций;
- оказывать удаленную медицинскую помощь;
- обеспечить оперативную связь между СУДС;
- обеспечить доступ к Интернету.

### ВОЗМОЖНОЕ РАЗМЕЩЕНИЕ БЕРЕГОВОЙ АППАРАТУРЫ АСОД В АРКТИКЕ

Если предположить, что АСОД может иметь в составе до 58 низкоорбитальных спутников на полярных орбитах (если будет строиться, например, на базе спутников IRIDIUM NEXT, в Арктике в зоне видимости будет не менее четырех спутников, радиус зоны радиовидимости – порядка 2500 км), то достаточно разместить береговую аппаратуру АСОД в Мурманске, Сабетте и Тикси (или Певеке) [21], чтобы обеспечить передачу диффпоправок СДКМ судовой навигационной аппаратуре ГНСС ГЛО-НАСС/GPS, мониторинг и управление судами, связь между судами и этими СУДС практически в реальном масштабе времени (рис. 5).

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ТЕХНИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ АСОД

В течение трех лет, прошедших с момента принятия решения о необходимости создания новой высокоскоростной и помехозащищенной морской системы связи на частотах ОБЧ морской подвижной службы, производителями судового оборудования Норвегии, Японии, Кореи, Австралии, Канады и Южно-Африканской Республики предпринимались усилия, направленные на разработку аппаратуры, реализующей предлагаемые морским сообществом технологии. Опубликованы первые результаты испытаний новой аппаратуры, подтверждающие ее высокую эффек-

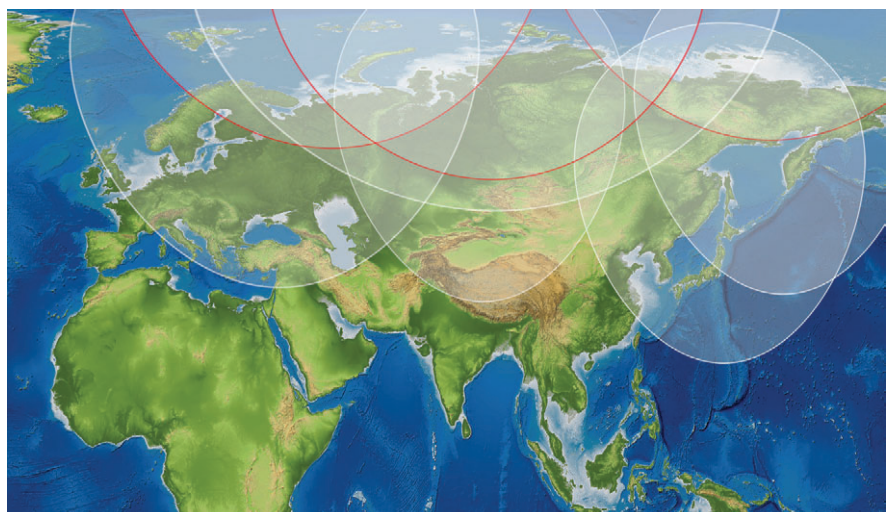


Рис. 5. Размещение береговых станций АСОД. Границы красного цвета – зоны видимости спутников АСОД береговой аппаратурой АСОД; границы белого цвета – зоны видимости отечественных спутников АИС пунктами мониторинга АИС (проект)



Рис. 6. Тестовая акватория «Эрмитаж»

тивность. В ряде стран созданы тестовые акватории, в зоне которых активно осуществляется проверка всей совокупности предлагаемых коммуникационных технологий и, в первую очередь, АСОД, по реализации концепции e-Навигации. В России также создана тестовая акватория «Эрмитаж», зарегистрированная в МАМС (рис. 6). Тестовая акватория – Финский залив, р. Нева, Ладожское озеро, р. Свирь. Создание тестовой акватории является одним из выходных результатов ОКР «e-Море», выполненной АО «Кронштадт технологии» [22].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

АСОД обеспечит в Арктике высокоточную навигацию судов путем передачи судам диффпоправок ГНСС ГЛОНАСС/GPS в формате СДКМ по спутниковым каналам ОВЧ диапазона, что повысит безопасность плавания судов, снизит вероятность экологических катастроф. Высокая точность определения местоположения судна и большая пропускная способность спутникового канала АСОД позволят обеспечить управление безэкипажным судном при доставке грузов в труднодоступные регионы крайнего севера.

АСОД в информационном плане обеспечит мониторинг и управление судами практически в реальном масштабе времени, обеспечит данными по безопасности плавания, своевременную передачу специальных сообщений, корректуру навигационных карт, карт ле-

довой обстановки, гидрологическими и метеорологическими данными, обеспечит обмен между судами, между судами и СУДС.

## ЛИТЕРАТУРА

1. О результатах деятельности Минтранса РФ за 2016 г., целях и задачах на 2017 г. и плановый период до 2019 г. Постановление расширенной Коллегии Минтранса РФ от 5 апреля 2017 г.
2. <https://vz.ru/economy/2018/1/26/905387.html>
3. IMO NCSR 1/28, Annex 7 DRAFT E-NAVIGATION STRATEGY IMPLEMENTATION PLAN, 2014.
4. <https://sell-off.livejournal.com/3512192.html>
5. <http://seaman-sea.ru/plavanie/687-radio-navigatsionnye-sistemy-dlya-opredeleniya-mesta-sudna.html>
6. <https://podlodka.info/education/35-technical-aids-to-navigation/710-mars75.html>
7. Радионавигационный план РФ, Минпромторг РФ, Пр. № 2123 от 28 июля 2015.
8. <http://www.hydro-state.ru/asno-i-ibm.html>
9. <http://www.morvesti.ru/detail.php?ID=68312>
10. Базаров Ю. И., Атаманюк В. А. Внедрение e-Навигации и аппаратуры автоматической идентификационной системы в России. Мат-лы АО «Кронштадт технологии», FERNS, Korea, 2017.
11. <https://forum.nasaspaceflight.com/index.php?topic=42097.40>
12. <http://spaceflight101.com/spacecraft/orbcomm-g2/>
13. Романов А. А., Романов А. А., Тюлин А. Е. Малоразмерные космические аппараты мониторинга подвижных объектов ОАО

«Российские космические системы»: состояние и перспективы. – Берлин, 2015.

14. Отчет НИР РИС-АБВВП-2016 «Разработка проекта типовой службы Речной информационной службы (РИС) «Служба информации о фарватере (СИФ) Администрации бассейна внутренних водных путей». – АО «Кронштадт Технологии», 2016.
15. Recommendation ITU-R M.2092-0+ «Technical characteristics for a VHF data exchange system in the VHF maritime mobile band. M Series. Mobile, radiodetermination, amateur and related satellite services» (10–2015).
16. IALA Guideline G1117 VDES Overview, Ed. 2.0, December 2017.
17. СДКМ, Интерфейсный контрольный документ. Редакция 1 М.; РНИИКП, 2012.
18. [https://www.glonass-iac.ru/guide/gnss/function\\_dop.php](https://www.glonass-iac.ru/guide/gnss/function_dop.php)
19. [https://www.u-blox.com/sites/default/files/products/documents/NEO-7P\\_ProductSummary\\_%28UBX-13003350%29.pdf](https://www.u-blox.com/sites/default/files/products/documents/NEO-7P_ProductSummary_%28UBX-13003350%29.pdf)
20. Каретников В. В., Миляков Д. Ф., Брюнова Я. Д., Сикерев А. А. Навигационное обеспечение СМП: пути и проблемы развития // Морская радиоэлектроника. – 2017. – № 4 (62).
21. Базаров Ю. И. Возможность построения автоматизированной системы сбора данных о дислокации судов для РИС в пределах АБВВП на основе идеологии VDES. – НИР АО «Кронштадт Технологии», 2017.
22. ОКР «e-Море». Создание тестовой акватории, обеспечивающей всестороннюю проверку и отработку разрабатываемых навигационных, связанных, информационных систем и комплексов судовой и береговой иерархической инфраструктуры в рамках глобальной концепции e-Навигации. – АО «Кронштадт Технологии», 2017. ■

**Р**еализация принципа сквозного проектирования базируется на использовании трехмерных моделей на всех стадиях информационного моделирования объектов. Само же сквозное проектирование является одним из вариантов организации групповой работы отделов проектного института с возможностью мгновенного обновления (актуализации) и анализа на коллизии (несоответствия) единой модели объекта. Это позволяет исключить возможность появления ошибок, неизбежно возникающих при переводе информации из одного отдела в другой, и снижает влияние человеческого фактора.

В рамках жизненного цикла изделий приборостроения система автоматизированного проектирования (САПР) решает задачи автоматизации работ на стадиях проектирования и подготовки производства на основе использования информационных технологий. Разработка и производство изделий приборостроения связана с решением схемотехнических, конструкторских и технологических задач.

Уже в процессе проектирования начинается работа, в первую очередь, конструкторов. Процесс конструкторского проектирования – один из наиболее сложных, поскольку зачастую приходится продумывать и предлагать новые, еще никем не примененные решения для достижения цели. По сути, это творческий процесс, в чем-то схожий даже с искусством, и конструктор должен обладать своеобразным талантом, чтобы применить наиболее подходящие и вместе с тем современные и прогрессивные технологии и воплотить их в реальный объект. При этом основной и самой сложной проблемой является подбор наиболее оптимальных характеристик и свойств будущего объекта, способных удовлетворять требованиям. Другими словами, наиболее оптимума, экстремума – наиболее сложная и вместе с тем наиболее востребованная задача при конструкторском проектировании [1].

### **ИНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТЬ. УРОВНИ, МОДЕЛИ, ЭТАПЫ**

Чтобы ускорить процесс информационного проектирования, необходимо исключить рутинную работу, связанную с занесением модели отдельно в каждую систему. Для этого следует развивать интероперабельность выпускаемых программных продуктов. В соответствии с определением интероперабельность (Interoperability) – это способность двух или более информационных систем или компонентов к обмену информацией и к использованию информации, полученной в результате обмена [2].

## **ИНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТЬ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ**

**В.С. Черненко, инженер 2-й категории, АО «НПФ «Меридиан»,  
контакт. тел. +7 (904) 550 2071**

Первоначально термин «интероперабельность» был введен как технический, а достигалась она за счет использования стандартных протоколов связи. В настоящее время термин «интероперабельность» получил расширенное значение, можно говорить о семантической (смысловой) интероперабельности, которая достигается за счет использования семантических стандартов [3].

На сегодняшний день существуют два основных метода реализации технологии двухсторонней интеграции данных или взаимодействия между программными средствами: передача данных через промежуточный файл; прямое чтение/запись между базами данных различных программных продуктов через API-интерфейс.

Второй метод организации позволяет в режиме реального времени обмениваться необходимыми данными между платформами. Преимущество этого метода – в постоянной актуальности итоговой модели, а недостаток – в применимости не во всех системах проектирования, поскольку здесь требуется обеспечение доступа к базам данных программных продуктов.

Как правило, такой метод используется в средах информационных систем одного производителя, которые, как правило, не могут охватить все необходимые задачи при проектировании. Чаще всего применяется первый способ, позволяющий разработчикам в одностороннем порядке реализовывать модули-конвертеры. Такой подход обусловлен необходимостью обеспечить в процессе создания общей трех-

мерной модели индивидуальный набор данных для обмена между системами в зависимости от использования определенного программного продукта.

Переход от технической интероперабельности к семантической привел к тому, что разные организации, исходя из стоящих перед ними задач, строят модели интероперабельности с разным числом уровней.

Что же касается общего, единого подхода к взаимодействию систем широкого класса, какими являются системы автоматизированного проектирования, то в ГОСТ Р 55062–2012 «Информационные технологии. Системы промышленной автоматизации и их интеграция. Интероперабельность. Основные положения» описывается единый подход к обеспечению интероперабельности для систем самого широкого класса. Хотя настоящий стандарт предназначен, в первую очередь, для систем промышленной автоматизации, он имеет гораздо более широкое назначение. На его основе могут создаваться интероперабельные системы самого широкого класса по масштабу и областям применения с учетом их особенностей, в том числе для систем автоматизированного проектирования. Первостепенной задачей единого подхода служит введение на уровне стандарта эталонной модели интероперабельности. Эталонная модель интероперабельности представляет собой развитие семиуровневой базовой эталонной модели ВОС согласно ГОСТу Р ИСО/МЭК 7498-1– 99 (рис. 1) [3–5].

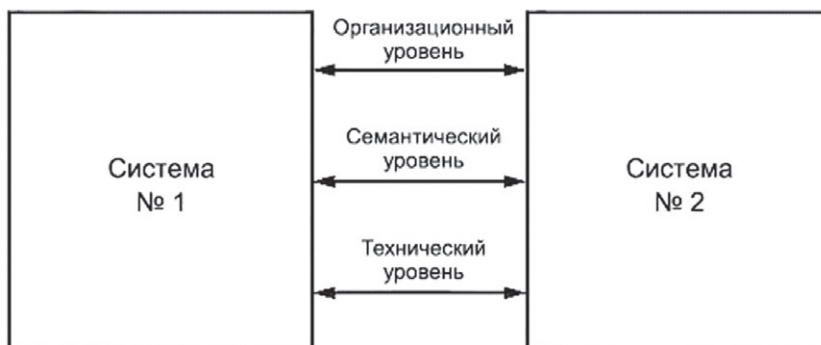


Рис. 1. Эталонная модель интероперабельности

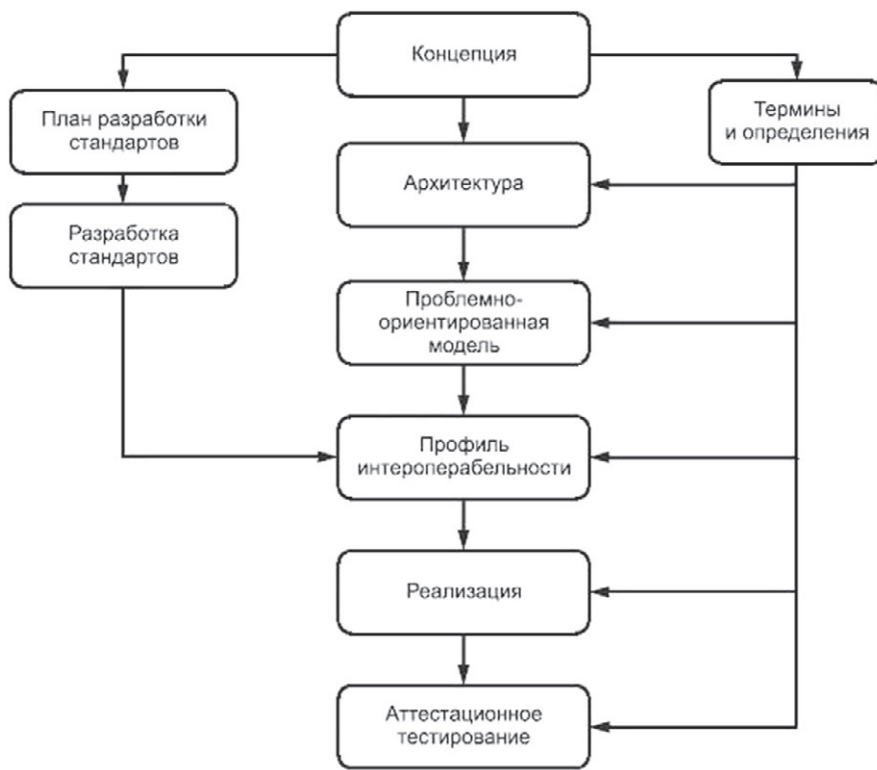


Рис. 2. Основные этапы обеспечения интероперабельности

Каждому уровню модели соответствуют свои стандарты. Для конкретных решений эталонная модель может уточняться. Для систем конкретных классов на базе эталонной модели интероперабельности должны создаваться проблемно-ориентированные модели интероперабельности, которые могут иметь большее число уровней. Единый подход к обеспечению интероперабельности систем всех классов содержит ряд последовательных этапов (рис. 2) [3].

### ИНТЕРОПЕРАЕЛЬНОСТЬ В КОНТЕКСТЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ

Необходимо проанализировать, при помощи каких средств осуществляется интероперабельность и актуальность этих средств при рассмотрении определенной области – приборостроении. При анализе основных форматов обмена данными, используемых при интеграции между системами САПР в приборостроении, были выявлены такие основные форматы:

- формат IDF – один из самых перспективных и популярных для обмена данными между различными системами проектирования (Intermediate Data Format – \*.brd, \*.pro, \*.lib, \*.emn, \*.emp, \*.bdf). В настоящее время используются три версии IDF: 2.0, 3.0 и 4.0, при этом IDF 2.0 и 3.0 используются в паре. В формате IDF 2.0 хранится информация о трассировке печатных

проводников (ПП), а в формате IDF 3.0 – об электронных компонентах. Посредством этой пары форматов поддерживается передача данных о печатных проводниках, контактных площадках, сквозных отверстиях и заполненных областях (залывках). IDF 4.0 может содержать дополнительную информацию (помимо доступной в IDF 2.0 и 3.0) – тепловые характеристики компонентов и данные о мультиплате сложной формы, которые включают в себя отображение вырезов для фрезеровки, а также графические примечания. Кроме того, IDF 4.0 обеспечивает более существенную детализацию, поэтому он значительно сложнее, но, тем не менее, постепенно приобретает популярность в системах EDA и MCAD [6];

- формат обмена данными STEP (Standard for Exchange of Product model data – стандарт обмена данными модели изделия) – один из наиболее распространенных и стандартизированных; применяется в технологиях непрерывной информационной поддержки жизненного цикла изделия (CALS). STEP представляет собой совокупность стандартов ISO 10303.

Преимущество единого стандарта состоит в возможности легко организовать информационный обмен между всеми компьютерными системами, которые используются в течение всего жизненного цикла изделия. В против-

ном случае информационный обмен будет идти между каждой парой компьютерных систем, что имеет существенные недостатки: невозможность создания интегрированной модели изделия; необходимость приобретения большого количества конвертеров форматов  $N \cdot (N - 1)$  штук, где  $N$  – количество используемых компьютерных систем.

В случае применения стандарта STEP количество конвертеров сокращается до  $2 \cdot N$  штук. Кроме того, STEP имеет статус международного стандарта.

С помощью вышеупомянутых форматов можно использовать данные из одной системы автоматизированного проектирования, использующиеся в приборостроении, в другой системе, передавать данные с различной степенью детализации. Например, имея 3D-модель изделия и файл с данными о ней, мы можем подготовить структуру базового техпроцесса, передать в модель информацию о трассировке печатной платы и данные о ее электронных компонентах и т.п.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, был рассмотрен единый подход к взаимодействию систем, рассмотрена и проанализирована интероперабельность систем автоматизированного проектирования в приборостроении, выявлены основные форматы обмена данными, необходимые для обеспечения интеграции основных САПР приборостроения.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Туманов А.А. Интеграция программных продуктов для решения задач оптимизации при конструкторском проектировании // Фундаментальные исследования. – Пенза: ИД «Академия естественных наук». – 2015. – №8-3. – С. 527–531.
2. ГОСТ Р 55062–2012. Системы промышленной автоматизации и их интеграция интероперабельность. – М.: Стандартинформ, 2012, 20 с.
3. Журавлев Е. Е., Иванов С. В., Каменщиков А. А., Олейников А. Я., Разинкин Е. И., Рубан К. А. Интероперабельность в облачных вычислениях // Журнал радиоэлектроники – 2013. – №9.
4. Олейников А.Я., Разинкин Е.И. Особенности подхода к обеспечению интероперабельности в области электронной коммерции // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2012. – № 3. – С.82–92.
5. Европейская концепция интероперабельности для услуг Общеввропейского электронного правительства. Проект для публичного обсуждения как основа для EIF 2.0-1/07/2008
6. Романова Е. Б., Кузнецов Р. В. Интеграция САПР электроники «Altium Designer» и машиностроительной САПР «Autodesk Inventor» // Изв. вузов. – Сер. Приборостроение. – 2017. – Т. 60. – №1. – С. 63–67. ■



## ВВЕДЕНИЕ

Важнейшим этапом подготовки надводного корабля к выполнению поставленной боевой задачи (ВПБЗ) является принятие решения, нацеленного на это. Для автоматизации данного процесса в БИУС реализована функциональная задача «Информационная поддержка работы командира корабля (КК) и других должностных лиц корабля (ДЛК) при принятии решения (ИППР) на ВПБЗ».

Основными целями разработки данной задачи являлись:

- обеспечение принятия рационального, обоснованного тактическими расчетами (ТР) решения на выполнение поставленной боевой задачи (ВПБЗ);
- значительное сокращение сроков работы КК и других ДЛК при принятии решения на ВПБЗ;
- оформление графической части замысла и решения на электронной морской навигационной карте (ЭМНК), электронной топографической карты (ЭТК) и пояснительной записки к ним в электронном виде;
- цветная печать на плоттере графической части замысла и решения на бумажных листах формата А0 и на принтере – пояснительной записки на бумажных листах формата А4.

Функциональная задача ИППР решается по этапам формализованной методики принятия решения, разработанной в соответствии с общепринятой методикой и детализированной до уровня надводного корабля.

В статье рассматривается вариант построения программной системы информационной поддержки принятия решения (СИППР), реализующей данную функциональную задачу.

## КОМПОНЕНТЫ СИСТЕМЫ ИППР

Система поддержки принятия решения на ВПБЗ состоит из следующих компонентов

- объектная модель решения – объекты предметной области, составляющие в совокупности решение на ВПБЗ;
- история действий – объект, запоминающий действия оператора для их сохранения, отмены или повтора;
- функции сетевого обмена – набор функций, передающих по сети уведомления об изменениях в базе данных;
- медиатор (посредник) – объект, связывающий модули с объектной моделью решения на ВПБЗ;
- модули интерфейса оператора – модули, отображающие экранные формы;

# ПЛАТФОРМА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ВЫПОЛНЕНИЕ ПОСТАВЛЕННЫХ БОЕВЫХ ЗАДАЧ

*С.А. Кондратьев, инженер-программист 1-й категории,  
АО «НПФ «Меридиан»,  
контакт. тел. +7 (981) 836 4714*

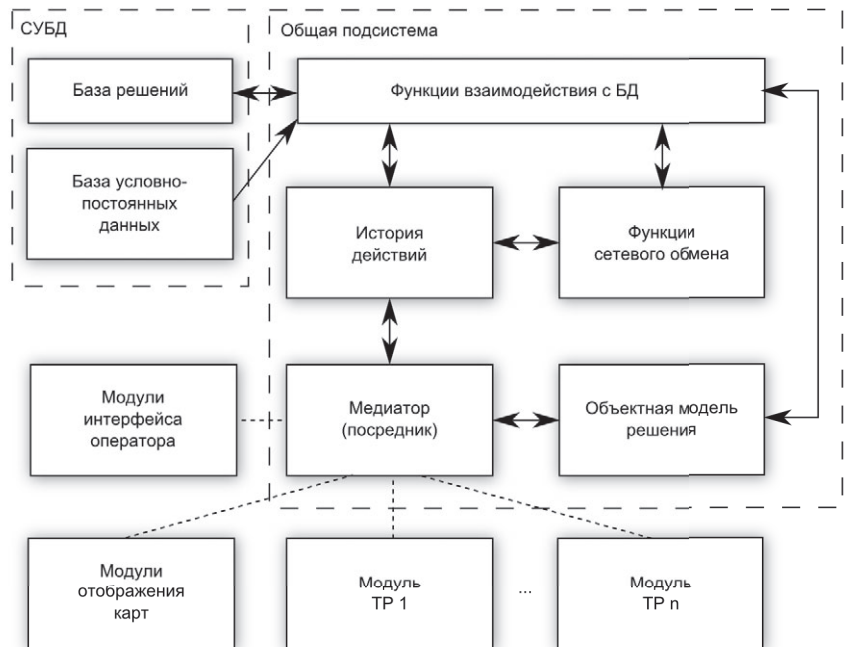


Рис. 1. Структурная схема системы поддержки принятия решения  
— — — — постоянные части, - - - - связи между модулями и общей подсистемой

- модули отображения карт – модули отображения картографической информации;
- модули ТР – модули тактических расчетов (расчетных задач);
- система управления базой данных (СУБД) – SQL-совместимая реляционная СУБД (Линтер или PostgreSQL);
- база решений – база данных (БД) решений на ВПБЗ;
- база условно-постоянных данных – база постоянных, но корректируемых из отдельного интерфейса данных, например, данных по противнику, своим силам, районам действий;
- функции взаимодействия с БД – функции интерфейса между СУБД и остальными частями системы.

Структурная схема системы поддержки принятия решения представлена на рис. 1.

Рассмотрим реализацию объектной модели решения и способ работы медиатора (посредника) как наиболее важные части общей подсистемы.

## ОБЪКТНАЯ МОДЕЛЬ РЕШЕНИЯ

Объектная модель решения – совокупность объектов, составляющих решение на ВПБЗ, и связей (отношений) между ними. Она является виртуальной объектной базой данных, обеспечивающей обработку данных решения в объектно-ориентированном виде и их сохранение в реляционной форме.

Объектная модель решения сопряжена с базой условно-постоянных данных, таких как данные о противнике, своих силах, районах действий. Использование реляционной СУБД для интегрированного хранения данных решения и условно-постоянных данных обеспечивает их взаимную непротиворечивость, логическую и ссылочную целостность данных. Кроме того, хранение данных в СУБД упрощает сопровождение системы и обеспечивает гибкость ее модернизации.

Объектную модель решения можно представить графом, вершинами которого являются объекты, черными

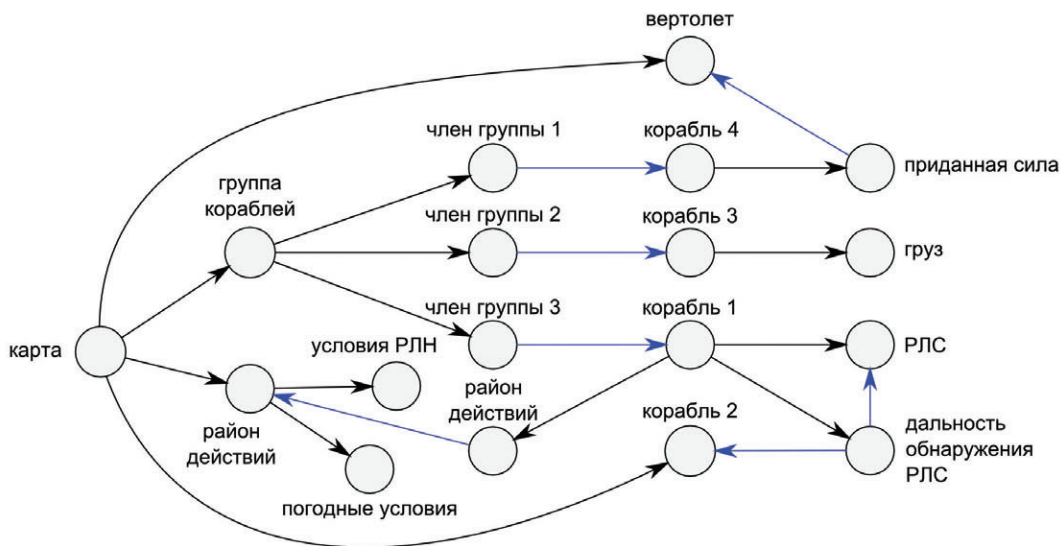


Рис. 2. Вариант графа решения

дугами – отношения «потомок–родитель», а синими дугами – отношения через объекты-ссылки. Граф решения является связным и ориентированным (рис. 2).

### РЕАЛИЗАЦИЯ МЕДИАТОРА (ПОСРЕДНИКА)

Рассмотрим способ реализации взаимодействия модулей тактических расчетов с общей подсистемой. Остальные модули сопрягаются аналогично.

Первым вариантом реализации ТР был ежесекундный опрос признака наличия изменений в объектах решения. Если данный признак был установлен, массив текущих входных данных сравнивался с входными данными предыдущего расчета. Если данные различались, то выполнялся перерасчет.

Преимуществом такого варианта была простота реализации.

К выявленным недостаткам относятся:

- замедление работы программы при увеличении количества задач в связи с ростом объема собираемой информации;
- необходимость использования статических структур с заранее заданными размерами элементов;
- задержка перерасчетов длительностью до 1 секунды;
- невозможность автоматически определить зависимости между выполненными ТР, когда результаты одного расчета являются входными данными для другого.

По мере развития СИППР выяснилось, что данные проблемы являются существенными и требуют своего решения.

В связи с тем, что задачи ИППР на ВПБЗ характеризуются относительно редким изменением входных данных, наиболее целесообразно в данном слу-

чае применить модель «Издатель–подписчик».

Эта модель реализуется специальным объектом – посредником (шаблон «медиатор»), который обеспечивает взаимодействие множества объектов, избавляя их от необходимости явным образом ссылаться друг на друга.

Класс-медиатор выполняет следующие функции:

- обеспечивает доступ к элементам решения на ВПБЗ из подключаемых модулей;
- отслеживает историю изменений;
- уведомляет подписчиков об изменениях объектов.



Рис. 3. Алгоритм поиска подписчиков

Описание входных данных задачи «Поиск корабля РЛС»

Родительский объект	Объект	Ссылки
НК 1	Оборудование	
	Дальность обнаружения РЛС	РЛС НЦ 1 (НК 2)
	Район действий	Район действий
НК 2	Тактико-технические элементы (ТТЭ)	
Район действий	Погодные условия	
	Условия РЛН	

Основная функция медиатора – реализация подписки на изменения. Для этого медиатор подключается ко всем объектам решения на ВПБЗ и отслеживает их изменения.

При любой модификации решения на ВПБЗ выполняется поиск и вызов модулей, которые подписались на уведомления об этом изменении. Модули выполняют обновление данных, за которые они отвечают, а именно: модули карты формируют соответствующие области ЭМНК или ЭТК, модули интерфейса обновляют поля форм, а модули ТР запускают перерасчет.

Алгоритм поиска уведомляемых объектов приведен на рис. 3.

Таким образом, ТР выполняются в режиме on-line, и задержка от изменения входных данных до обновления результата расчета определяется только длительностью выполнения расчета.

### ВАРИАНТ ОПИСАНИЯ ТАКТИЧЕСКОГО РАСЧЕТА

Рассмотрим вариант описания ТР на примере расчета дальности обнаружения надводных целей (НЦ) с использованием радиолокационной станции (РЛС) надводного корабля 1 (НК 1).

Задача формулируется следующим образом: рассчитать дальность обнаружения НЦ 1 с использованием РЛС НК 1 в «Районе действий».

Вариант графа решения для данной задачи приведен на рис. 1.

Результат расчета задачи зависит от следующих исходных данных:

- типа и режима работы РЛС;
- погодных условий в районе действий;
- радиолокационной наблюдаемости (РЛН) в районе действий;
- помеховой обстановки в районе действий;
- эффективной поверхности рассеивания (ЭПР) искомого корабля минимальной и максимальной;
- высоты искомого корабля.

Исходя из входных данных, построим следующие пути:

- НК 1 → Дальность обнаружения РЛС → РЛС → Тип РЛС
- НК 1 → Дальность обнаружения РЛС → РЛС → Режим РЛС
- НК 1 → Район действий → Район действий → Погодные условия → Осадки
- НК 1 → Район действий → Район действий → Условия РЛН → РЛН
- НК 1 → Район действий → Район действий → Условия РЛН → Помеховая обстановка
- НК 1 → Дальность обнаружения РЛС → НЦ 1 (НК 2) → ТТЭ → Минимальная ЭПР
- НК 1 → Дальность обнаружения РЛС → НЦ 1 (НК 2) → ТТЭ → Максимальная ЭПР
- НК 1 → Дальность обнаружения РЛС → НЦ 1 (НК 2) → ТТЭ → Высота корабля

Объекты, связанные с входными данными задачи, описаны в табл. 1.

Приведенные ниже пути передаются при инициализации расчетного модуля медиатору в качестве входных данных задачи. При изменении любого элемента входных данных медиатор передает его новое значение в модуль ТР, который запускает процесс расчета и сохраняет его результаты в решении на ВПБЗ.

Аналогично описываются выходные данные. Это позволяет путем поиска общих участков распознавать зависимости между задачами и определять на их основе оптимальный порядок выполнения ТР.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Специалистами АО «НПФ «Меридиан» разработана программная платформа для построения систем информационной поддержки принятия решений на ВПБЗ. Применение в представлении решения на ВПБЗ аппарата графов позволяет ускорить процесс

разработки, упростить архитектуру и повысить надежность конечного продукта. Функциональные задачи ИППР в составе БИУС, реализованные на основе данной платформы, успешно прошли государственные испытания на сторожевых кораблях проекта 11356 ВМФ РФ и подтвердили свою эффективность.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Гамма Э., Хелм Р., Джонсон Р., Влиссидес Д. Приемы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования / Пер. с англ. А. Слинкина. Науч. ред. Н. Шалаев. – СПб.: Питер, 2014. – 366 с.
2. Соловьев И. В., Геков В. В., Доценко С. М. и др. Современные проблемы управления силами ВМФ. Теория и практика. Состояние и перспективы / Под ред. В. И. Куроедова. – СПб.: Политехника, 2015. – 432 с. ■

**В** условиях нерегулярного волнения морской подвижный объект (МПО) совершает колебательные движения, причиной которых являются:

- силовые воздействия на корпус объекта, индуцированные нерегулярным морским волнением;
- колебательные движения исполнительных органов, вызванные колебаниями поступающих от измерителей на входы систем управления сигналов.

Исключить колебания сигналов путем включения полосовых фильтров в измерительный канал не всегда возможно: фильтры, включенные в прямую цепь (перед системой управления рулями) или в канал обратной связи (после измерителей), обычно нарушают устойчивость системы.

В связи с этим предлагается метод синтеза устойчивых систем стабилизации морских подвижных объектов на курсе с использованием косвенного канала измерения возмущающих воздействий, позволяющего компенсировать их с помощью рулей.

## ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Стандартные методы синтеза обычно предполагают управление по отклонению МПО от требуемого положения. В этом случае формируется вектор управляющих сил и моментов, пропорциональный отклонениям, производным и интегральным составляющим от отклонений. Затем осуществляется распределение этого вектора по исполнительным устройствам [1–6].

В данной статье рассматривается компенсационный метод решения задачи синтеза устойчивых систем стабилизации морских подвижных объектов на курсе с использованием косвенного канала измерения возмущающего воздействия (момента).

Регулятор в этом случае состоит из двух частей. Первая представляет собой последовательное корректирующее устройство (ПКУ), обеспечивающее устойчивое управление курсом МПО с заданным по точности и переходным процессам качеством. ПКУ таким образом создает требуемый вращающий момент  $M_{\text{упр}}(t)$  в предположении отсутствия возмущающего момента со стороны морского волнения  $M_{\text{упрв}}(t)$ . Вторая часть является идентификатором возмущающего момента, значения которого вычитаются из управляющего сигнала ПКУ с целью компенсации его воздействия на МПО.

Синтез последовательного корректирующего устройства осуществляется методом, изложенным в [2], и в этой статье специально не рассматривается.

Определять возмущающий момент, действующий на МПО со стороны волнения, предлагается с помощью идентификатора, представляющего обратную передаточную функцию, связывающую входной момент (суммарный от угла перекадки руля волнения моря) с углом рыскания. Поскольку степень полинома числителя исходной передаточной функции обычно ниже степени полинома знаменателя, то обратная передаточная функция умножается на передаточные функции аperiодического звена с малой постоянной времени с целью обеспечения физической реализуемости идентификатора.

Управляющий сигнал, поступающий на рулевой привод, формируется как разность между сигналами на выходе ПКУ и выходе идентификатора.

## МЕТОД СИНТЕЗА ЗАКОНА УПРАВЛЕНИЯ

Как было отмечено ранее, регулятор состоит из двух частей (ПКУ и идентификатора момента, действующего на МПО со стороны морского волнения).

# КОМПЕНСАЦИОННАЯ СИСТЕМА СТАБИЛИЗАЦИИ МОРСКИХ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ НА КУРСЕ В УСЛОВИЯХ НЕРЕГУЛЯРНОГО МОРСКОГО ВОЛНЕНИЯ

**С.К. Воловдов**, канд. техн. наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный морской технический университет,

**А.В. Смольников**, канд. техн. наук, доцент, АО «Концерн «НПО «Аврора», контакт. тел. (812) 643 1831

*Синтез последовательного корректирующего устройства, обеспечивающего устойчивое управление курсом МПО –  $K(t)$  с заданным качеством переходного процесса, осуществляется методом, подробно представленным в [2].*

Приведем здесь передаточные функции, которые понадобятся для решения задачи синтеза ПКУ.

В соответствии с [3] векторно-матричная форма линейных дифференциальных уравнений, связывающих вектор состояний МПО  $x(t) = [v_z, \omega_y, \varphi]$  ( $v_z$  – боковая скорость МПО,  $\omega_y$  – угловая скорость рыскания,  $\varphi = K - K_0$  – угол рыскания) с управляющим воздействием  $\delta(t)$  и воздействием со стороны морского волнения  $F_w(t) = [F_{zw}, M_{yw}]$  имеет вид

$$\dot{x} = Ax + B\delta + CF_w(t),$$

где

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & 0 \\ a_{21} & a_{22} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ 0 \end{bmatrix},$$

матрица  $C$  для вращательного движения

$$C = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & c_{22} \\ 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

Тогда матричная передаточная функция по управлению при  $F_w(t) = 0$  будет иметь вид:

$$H_\delta(p) = [pI - A]^{-1} B = \begin{bmatrix} W_{11}(p) \\ W_{12}(p) \\ W_{13}(p) \end{bmatrix},$$

где передаточная функция, связывающая рыскание  $\varphi(p)$  с углом перекадки руля  $\delta(p)$ , будет

$$W_{13}(p) = W_{\varphi\delta}(p) = \frac{b_2 p + a_{21} b_1 - a_{11} b_2}{p[p^2 - (a_{11} + a_{22})p + a_{11} a_{22} - a_{12} a_{21}]}$$

Именно эта передаточная функция используется для синтеза ПКУ методом логарифмических амплитудно-частотных характеристик (ЛАХ).

*Синтез идентификатора возмущающего момента.* Приведем передаточные функции, которые понадобятся для построения идентификатора суммарного вращающего момента  $M_y(t) = b_2 \delta + c_{22} M_{yw}$ , действующего на МПО, от управления  $M_\delta$  и морского волнения  $M_{yw}(t)$ .

Передаточная функция, связывающая суммарный вращающий момент  $M_y(t)$  с угловой скоростью рыскания  $\omega_y(p)$ , имеет вид (поступательной скоростью  $v_z$  пренебрегаем в силу ее малости)

$$W_{\omega_y M_y}(p) = \frac{1}{p^2 - (a_{11} + a_{22})p + a_{11} a_{22} - a_{12} a_{21}}$$

Полагаем, что на борту МПО измеряется угловая скорость рыскания  $\omega_y(t)$ , значения которой поступают на вход обратной передаточной функции:

$$W_{M_{yW}} = H_{\omega, M_y}^{-1}(p) = \frac{p^2 - (a_{11} + a_{22})p + a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21}}{(0,01p + 1)^2}$$

Звенья в знаменателе добавлены с целью обеспечения физической реализуемости и в силу малости постоянной времени существенно не влияют на качество оценки момента  $M_y(t)$ . Оценка собственно момента

$$M_{yW}(t) = \frac{M_y(t) - b_2 \delta}{c_{22}}$$

Тогда с учетом полученных выражений структура компенсационной системы стабилизации МПО в условиях нерегулярного морского волнения примет вид, представленный на рис. 1.

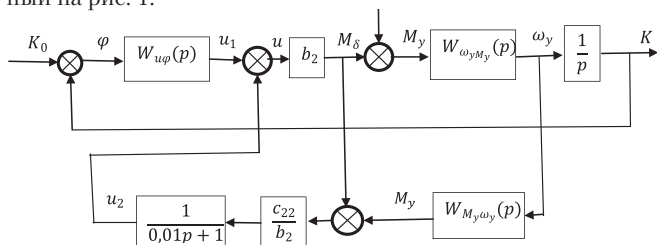


Рис. 1. Структура системы компенсационного управления

**Определение вращающего момента от волнения.** Спектр значений возмущающего момента определяется интенсивностью морского волнения и обычно принимается в виде [3, 6]

$$S_r(\sigma) = \frac{2D_{M_y} \alpha(\alpha^2 + \beta^2 + \sigma^2)}{\sigma^4 + 2(\alpha^2 - \beta^2)\sigma^2 + (\alpha^2 + \beta^2)^2},$$

где  $\sigma_m = \sqrt{\alpha^2 + \beta^2} = 1,02\beta$ ;  $\alpha = 0,21\beta$  – коэффициент затухания;  $\beta$  – угловая частота корреляционной функции.

Зачастую спектр принимается в более простом виде:

$$S_r(\sigma) = \frac{4D_{M_y} \alpha \sigma^2}{\sigma^4 + 2(\alpha^2 - \beta^2)\sigma^2 + (\alpha^2 + \beta^2)^2}. \quad (1)$$

Корреляционная функция для этого спектра имеет вид

$$K_{M_y}(\tau) = D_{M_y} \sqrt{1 + \left(\frac{\alpha}{\beta}\right)^2} e^{-\alpha|\tau|} \cos(\beta|\tau|) + \arctg \frac{\alpha}{\beta}.$$

Например, для интенсивности морского волнения в 4 балла высота волны 3%-ной обеспеченности  $h_{3\%} = 2$  м,  $D_{M_y} = 0,035v_2 \times h_{3\%} = 0,143$  м<sup>2</sup>, истинная частота максимума спектра  $\sigma_m = 0,71 \frac{2\pi}{T}$ ,  $T = 4,38$  с,  $\sigma_m = 1,01\beta$ ,  $\beta = 0,71 \frac{2 \cdot 3,14}{4,38} = 1,01$  с<sup>-1</sup>,  $\alpha = 0,21\beta = 0,21$ . Для этих условий спектр

$$S_{M_y}(\sigma) = \frac{0,132\sigma^2}{\sigma^4 - 2,32\sigma^2 + 1,58}.$$

Для пересчета спектров к кажущимся частотам используется фактор  $a$  относительного движения с курсовым углом  $\epsilon$  к волне  $\epsilon$ .

Так, для  $V = 10$  м/с,  $\epsilon = 0^\circ$  указанный фактор

$$a = \frac{V \cos \epsilon}{g} = 1. \quad (2)$$

Пусть корабль движется со скоростью 20 м/с навстречу волне  $\epsilon = 0$ . Пересчитаем спектр (1) к кажущимся частотам. Поскольку из (2)  $a = 2$ , то  $\beta + a\beta^2 = 3,52 = \omega_m \alpha_k = 0,21\beta_k$ ,

$$S_{M_y}(\omega) = \frac{4D_{M_y} \alpha_k \omega^2}{\omega^4 + 2(\alpha_k^2 - \beta_k^2)\omega^2 + (\alpha_k^2 + \beta_k^2)^2} = \frac{0,423\omega^2}{\omega^4 - 23,7\omega^2 + 1,69}. \quad (3)$$

Для нахождения передаточной функции формирующего фильтра для спектра (3) проводится его факторизация. Собственно передаточная функция примет вид

$$W_\Phi(p) = \frac{\gamma p}{p^2 + \delta_1 p + \delta_0},$$

где  $\gamma = 2\sqrt{D_r \alpha_k}$ ,  $\delta_0 = \alpha_k^2 + \beta_k^2$ ,  $\delta_1 = \sqrt{2(\alpha_k^2 - \beta_k^2 + \delta_0)} = 2\alpha_k$ .

## ПРИМЕР СИНТЕЗА РЕГУЛЯТОРА

**Синтез идентификатора вращающего момента со стороны морского волнения  $M_{yW}$ .** Рассматривается задача оценки момента  $M_{yW}$ .

Идентификатор реализуется с помощью схемы, приведенной на рис. 1 при оборванной линии формирования  $u_y$ . В качестве объекта используется модель динамики ФПС «Выborg» [2, 6], которая имеет вид

$$\begin{aligned} \frac{dv_z}{dt} &= -0,28v_z - 0,1075V\omega_y - 0,039\delta; \\ \frac{d\omega_y}{dt} &= -\frac{0,117}{V}v_z - 0,896\omega_y + 0,052\delta; \\ \frac{dK}{dt} &= \omega_y. \end{aligned}$$

В соответствии с [2]

$$W_{\omega, M_y}(p) = \frac{40,1(3,93p + 1)}{(1,03p + 1)(2,793p + 1)};$$

$$W_{M_y, \omega_y}(p) = \frac{(2,8p + 1)^2(p + 1)}{(4p + 1)^2(0,1p + 1)} = \frac{7,84p^3 + 13,44p^2 + 6,6p + 1}{1,6p^3 + 1,8p^2 + 8,1p + 1}.$$

Схема моделирования – в SimuLink, и результаты приведены на рис. 2.

Как видно из приведенных графиков, значения оценки момента от волнения практически совпадают с графиком приложенного момента волнения, т.е. предложенная система оценивания может быть использована для замера различных характеристик момента от реального волнения.

## ПРИМЕР ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЕНСАЦИОННОЙ СХЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ МПО В УСЛОВИЯХ МОРСКОГО ВОЛНЕНИЯ

Схема отличается от предыдущей наличием компенсационной обратной связи по  $u_2$  – компенсации возмущающего момента (рис. 3).

Из сравнения рис. 2 и рис. 3 следует, что точность стабилизации при применении компенсационной схемы значительно выше.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье представлен метод синтеза устойчивых систем стабилизации морских подвижных объектов на курсе с использованием косвенного канала измерения возмущающих воздействий. Включение такого измерительного канала в систему управления позволит повысить качество стабилизации МПО на курсе в условиях нестационарного морского волнения за счет снижения колебаний управляющего сигнала, вызванных колебаниями измеряемой величины. Метод основан на применении параметрических (частотных) методов синтеза систем управления и предполагает синтез последовательного корректирующего устройства и идентификатора силовых воздействий.

Приведенный в статье пример подтверждает работоспособность метода и демонстрирует повышение точности стабилизации при применении компенсационной схемы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Воловдов С.К., Черняев М.Г., Каверинский А.Ю., Воловдов С.С. Распределение ресурсов управления при пространственной стабилизации подвижных объектов // Гироскопия и навигация. – 2003. – №1(40). – С.30–42.
2. Воловдов С.К., Смольников А.В. Частотный метод синтеза систем управления морских подвижных объектов. Системы управления и обработки информации. – 2018. – №2(41). – СПб., АО «Концерн «НПО «Аврора», с.18–25.
3. Лукомский Ю.А., Чузунов В.С. Системы управления морскими подвижными объектами. Л.: Судостроение, 1988. – 272 с.
4. Воловдов С.К., Черняев М.Г., Смольников А.В., Каверинский А.Ю., Воловдов С.С. Особенности решения задачи распределения ре-

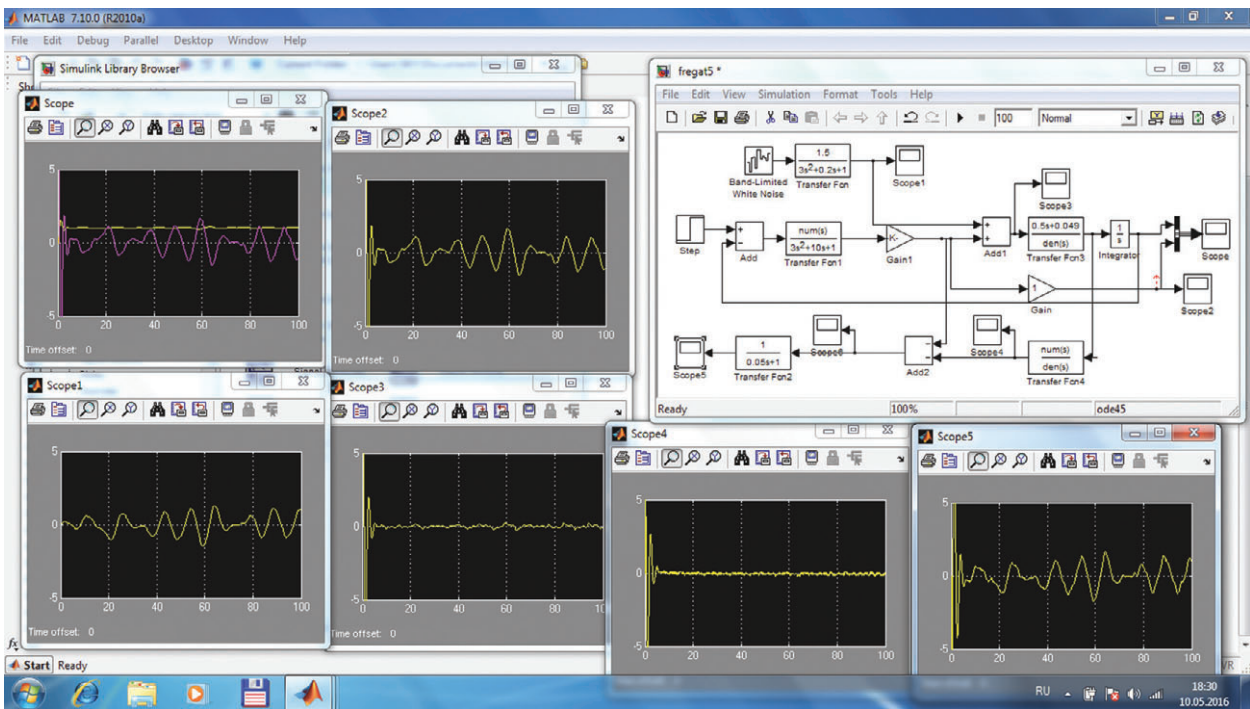


Рис. 2. Осциллограммы процессов:

Score –  $K(t)$  курс и угловая скорость рыскания; Scope1 –  $M_y W(t)$ , смоделированный момент от морского волнения, Scope2 –  $M_\delta(t)$ , управляющий момент; Scope3 –  $M_y(t)$ , суммарный момент, действующий на МПО; Scope4 –  $M_y(t)$ , оценка суммарного момента по замерам угловой скорости; Scope5 –  $M_y W(t)$ , сглаженная оценка момента, индуцированного морским волнением, Scope6 –  $M_y W(t)$ , оценка с шумами

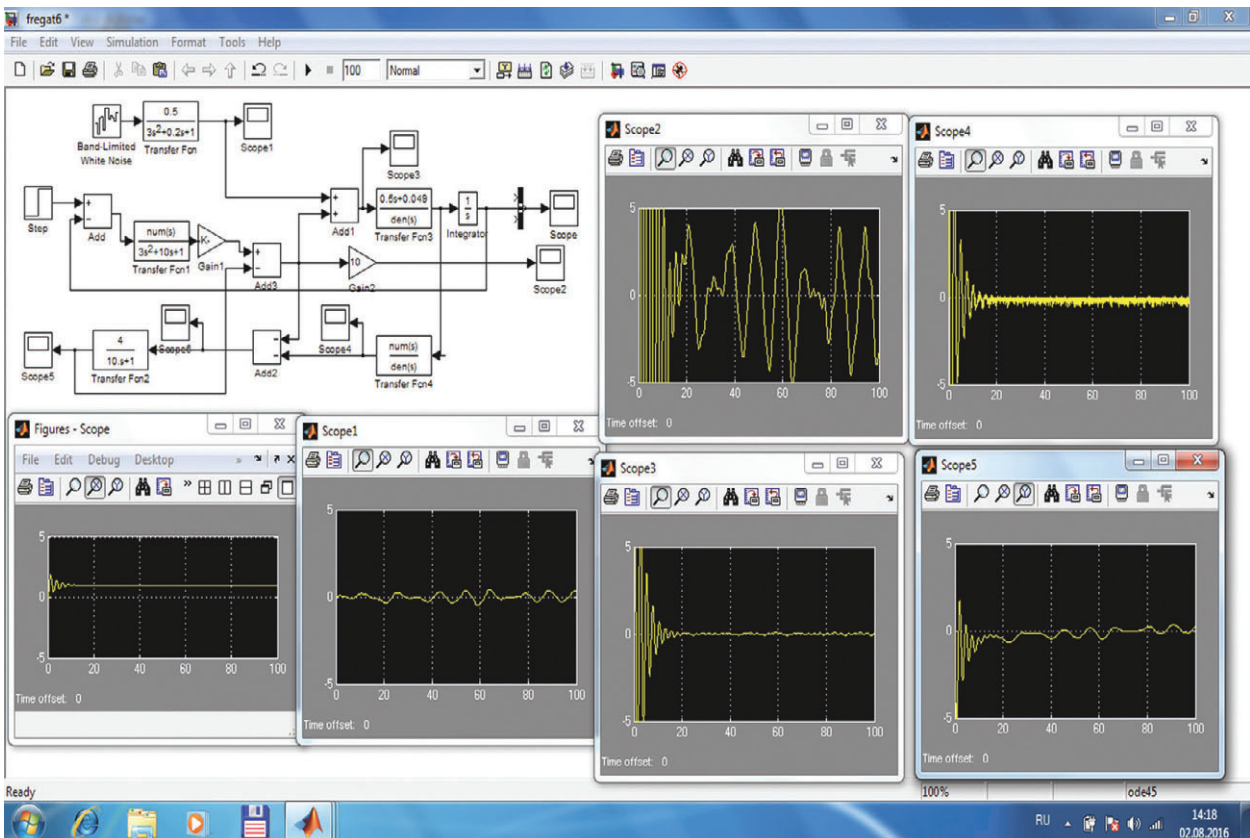


Рис. 3. Осциллограммы тех же процессов, что и на рис.2, но при наличии компенсационной обратной связи

курсов управления при пространственном позиционировании некоторых морских подвижных объектов // Гироскопия и навигация. – 2005. – 1(48). – СПб., ЦНИИ «Электроприбор», с.43–57.

5. Volodov S.K. Hierarchical Principle of Construction of Spatial Dynamic Positioning (DP) Systems of Sea Mobile Objects (SMO). – Докл. на

конфер. по динамическому позиционированию «DP MTS Conference 2005», Хьюстон, Техас, США, 2005. – www.dynamic-positioning.com

6. Дмитриев С.П., Пелевин А.Е. Задачи навигации и управления при стабилизации судна на траектории. – СПб.: ГНЦ РФЦНИИ «Электроприбор», 2002. – 160 с. ■

Специфическая особенность эксплуатации морского транспорта состоит в том, что он в отличие от других эргономических сложных систем подвержен отрицательным воздействиям окружающей среды (волнение моря, ветер, температура и т.д.), которые сказываются как на работе большего количества систем и подсистем, так и на результативности деятельности личного состава. При увеличении эффективности (интенсификации) использования кораблей и судов остро встает проблема совершенствования их управления. Для решения этой проблемы необходимо рассматривать управление как процесс переработки информации человеком, принимающим решение. Для этой цели делается попытка использовать законы кибернетики, которые устанавливают основные зависимости передачи информации, ее переработки с целью обеспечения оптимального функционирования используемой эргономической системы. Сама же наука связи в кибернетике решает вопросы технических средств, которые обеспечивают пути прохождения информации в связях между управляемой и управляющей подсистемами [1, 2]. Таким образом, кибернетику отличает от других научных направлений не описание различных объектов исследования, а то, что делает их отличными один от другого – их разное устройство, определенное информацией, т.е. информационные связи между отдельными частями исследуемого объекта. Анализ аварий на морских судах показывает, что в основном они происходят при их столкновении, что позволяет провести аналогию с автомобильным транспортом. В последние годы отмечается резкое ухудшение состояния морской среды, усиление волнения и штормового ветра, в связи с чем участились аварийные ситуации с кораблями и судами, в том числе их опрокидывания. В октябре 2015 г. опрокинулся американский контейнеровоз «El Faro» водоизмещением около 100 000 т, румынский сухогруз «Аида», транспортировавший зерно из Румынии в Керчь (на траверзе Севастополя), повторно рыболовный траулер «Дальний Восток», что привело к его гибели, и т.д. Участились столкновения буровых платформ с судами (например, «Кольская», 18.12.2011).

Особо бедственное положение наблюдается на рыбопромысловом флоте. За последние 16 лет из 1100 рыболовных малотоннажных судов в аварийных ситуациях оказались около 900 судов, из них в аварию попали 654 судна [5]. Далее в статье пойдет речь о том, как последовательно осуществлять действия по разработке способов достижения поставленной цели в процессе управления, следуя законам кибернетики. Важнейшим звеном в управлении является человек. В кибернетике основная роль отводится общности законов управления и связи в любой сложной системе. Определение кибернетики как науки принадлежит Норберту Винеру: «Кибернетика – это наука об управлении и связи в животном и машине» [1]. Академик А.Н. Колмогоров писал «Кибернетика занимается изучением систем любой природы, способных воспринимать, хранить, перерабатывать информацию и использовать ее для управления и регулирования» [2]. Как видно, основой кибернетики является «обратная связь». Если она есть, значит, законы кибернетики будут работать, нет ее – кибернетики нет.

Рассмотрим ниже схему, которая является основой автоматического регулирования (рис. 1).

Приведенная на рис. 1 схема дает общее представление о структуре управляющей и управляемой системах, что характеризует внешнюю сторону ее функционирования. Полученные результаты процессов  $x$  в управляемой системе В должны отвечать требованию  $x_0$ , что достигается обратной связью ОС, которая при сопоставлении параметров

## КИБЕРНЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ СЛОЖНЫХ ЭРГОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

**О.В. Третьяков**, д-р техн. наук, зам. начальника,  
**П.А. Шауб**, д-р техн. наук, проф., ст. науч. сотрудник,  
**С.В. Московкина**, ст. науч. сотрудник,  
НИИ кораблестроения и вооружения ВМФ ВУНЦ ВМФ «ВМА»,  
контакт. тел. (812) 405 0706

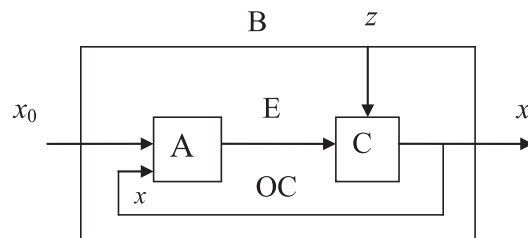


Рис. 1. Условная схема управляемой системы  $x_0$  – вход, цель функционирования управляемой системы В; А – управляющая подсистема, вырабатывающая управляющие воздействия Е, которые поступают на управляемую подсистему С, которые оператор может изменять; z – вход на управляемую подсистему С воздействий окружающей среды, которые действию оператора не подчинены

$x_0$  с  $x$  вырабатывает необходимые управляющие воздействия на всю систему В. Рассматривая объекты как сложные системы, приведенную схему придется усложнить, так как будем иметь  $n$  управляемых объектов, связанных в единую систему.

Приведем пример управления сложной системы с двумя управляемыми объектами, которые уже в последующем можно тиражировать до  $n$  объектов, взяв за основу схему на рис. 2.

Чтобы исследовать внутреннюю структуру управляемой и управляющей подсистем, усложним рассмотренную ранее схему, чтобы глубже проникнуть в процессы управления. Для этого на рис. 2 выделено внутри подсистем по два блока. Цель функционирования системы В задана в виде  $x_0$ , который входит в блок 1, управляющей подсистемы А и в блок 4 – измерительный орган.

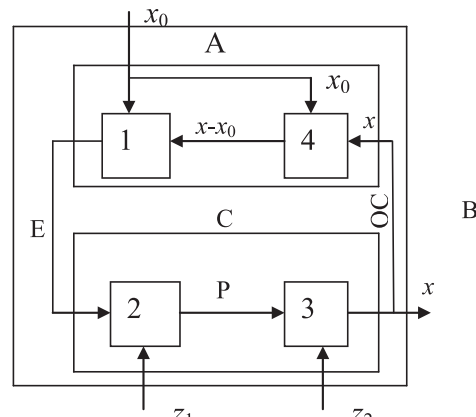


Рис. 2. Усложненная схема управляемой системы

Из блока 1 управляющие воздействия Е поступают в блок 2 управляющей подсистемы С. Одновременно блок 2 передает информацию блоку 3 управляемого объекта. Этот блок, функционируя, избирает по результатам воздействия такое состояние, которое обеспечивает получение необходимого результата  $x$ , близкого к  $x_0$ , при воздействии на блоки 2 и 3 возмущений  $z_1, z_2$ . Для того чтобы достичь в управлении объектом цели, дополнительная информация о реальных

параметрах  $x$  поступает в блок 4 подсистемы А, в которой уже содержится значение параметров  $x_0$ . Происходит сравнение  $x_0$  и  $x$  и на блок 1 поступает информация об истинном значении отклонения, после чего этот блок 1 осуществляет определенную корректировку управляющего воздействия; на блок 2 попадает уточненный импульс Е. В связи с этим блок 3 уточняет свою программу, чтобы иметь разницу  $x-x_0$  минимальной. Без ОС ни одна система, которая представляется как кибернетическая, не может существовать. Учитывая особое значение информации в данном случае, определим ее как подробные сведения об обстановке, в которой происходит исследуемый процесс.

Из вышеизложенного ясно, что в кибернетике особая роль отводится информации, которая оценивается как устранение неопределенности, мерой которой является энтропия, и чем она больше, тем выше неопределенность. Определение информационной энтропии ввел Клод Шеннон, опираясь на терминологию термодинамики.

Еще одно важное понятие в кибернетике – системное «разнообразие», определяемое количеством элементов обстановки рассматриваемой сложной системы. Таким образом, чем больше элементов, тем больше системное разнообразие, тем больше неопределенность и сама энтропия. Если принять условия измерения количества информации [5] логарифмической мерой, то информационная емкость

$$H = \log_2 N, \quad (1)$$

где  $H$  – энтропия;  $N$  – число состояний системы.

Таким образом, рассматривая зависимость (1) как меру оценки «разнообразия» и необходимой информации для уменьшения неопределенности состояния управляемой подсистемы, появится возможность повысить эффективность управляющей подсистемы, обеспечив ее целесообразное функционирование в целом. Так как количественная оценка информации на сегодняшний день не определена, можно к ее определению подойти посредством неопределенности, поэтапно, с накоплением информации. Таким образом, информация способна устранить или уменьшить неопределенность в управляемой системе. Этому будет также способствовать уменьшению разнообразия. Основной вывод: только разнообразие в управляющей подсистеме может уменьшить разнообразие в управляемой подсистеме.

Из основного закона вероятности известно, что чем больше вероятность появления случайных величин, тем точнее можно предсказать, произойдет ли это случайное явление или нет. Таким образом, основа кибернетики – это теория организации, упорядочения управляемой системы. В основном информационные процессы в сложных системах носят вероятностный характер, и поэтому они создают неопределенность [2]. Количественную оценку неопределенности  $i$ -го результата обозначим  $H_i$ , которая является функцией вероятности  $P_i$ :

$$H_i = f(P_i). \quad (2)$$

При наличии  $n$  возможных результатов имеем:

$$\sum_{i=1}^n P_i = 1. \quad (3)$$

Если предположить, что каждый из  $n$  результатов является вероятной величиной  $P_1, P_2, \dots, P_n$ , то с учетом (3) будем иметь

$$H = -\sum_{i=1}^n P_i \log_2 (P_i), \quad (4)$$

удовлетворяющее всем требованиям учтенной неопределенности.

Учитывая, что максимальная информация емкости систем выражается выражением (1), примем за основание логарифма число  $\log_2 2$ .

Так как форма решения представляет собой выбор между 0 и 1 (да или нет) [3], для таких систем из  $n$  элементов с двумя устойчивыми состояниями максимальное разнообразие (информационная емкость) будет составлять

$$H = \log_2 2^n = n \text{ бит}. \quad (5)$$

Если рассматривать эту систему в динамике с переходом из  $i$ -го состояния в  $j$ -е с определенной вероятностью  $P_{ij}=P_j$ , получим

$$J = H = -\sum_{i=1}^N P_i \log_2 P_i, \quad (6)$$

где  $\sum_{i=1}^N P_i = 1$ ;  $J$  – информационное содержание принятого сообщения.

Данное выражение указывает на максимальную емкость системы, которая устраняет ее неопределенность.

Если все состояния системы равновероятностные, то энтропия достигает максимума и становится мерой системного разнообразия:

$$H = -\sum_{i=1}^N P_i \log_2 P_i = \log_2 N \text{ при } P_i = P = \frac{1}{N}. \quad (7)$$

Выражение (7) указывает на максимальную информационную емкость или на то, какое количество информации необходимо для устранения неопределенности. Таким образом, энтропия может рассматриваться как количественная характеристика для оценки устранения (уменьшения) неопределенности. На основании опыта эксплуатации судов и гидрографических исследований можно считать, что вероятность учета штилевой погоды в данном районе океана и шторма в современных условиях – события равновероятностные. Тогда количество информации для принятия решения можно выразить для данной обстановки через энтропию

$$H = -(P_1 \log_2 P_1 + P_2 \log_2 P_2). \quad (8)$$

Преобразуя данное выражение, получаем величину энтропии, в данном случае равную 1 бит, так как

$$H = -\log_2 1 + \log_2 2 = 0 + 1 = 1 \text{ бит}.$$

Приняв, что  $-P_1 = \frac{1}{2}$ ,  $a_{ij} = 1,2$ , так как мы рассматриваем два разнообразия – шторм и штиль.

Следовательно, информация для устранения данной неопределенности должна иметь величину в 1 бит.

Процесс устранения неопределенности и роста информированности продемонстрируем на примере восприятия информации как фактора безопасности мореплавания [3].

*1-й этап.* Установим, например, пять разнообразий, которые в нашем случае имеют при их равновероятности неопределенность  $P_{ij}$ :

1– время суток  $P_{ij} = 0,2$ ; 2– организация наблюдения  $P_{2j} = 0,2$ ; 3– морская среда  $P_{3j} = 0,2$ ; 4– восприятие  $P_{4j} = 0,2$ ; 5– опасное сближение  $P_{5i} = 0,2$ .

Таким образом, вероятность избранного каждого варианта равна  $P_i = \frac{1}{5} = 0,2$ .

При этом максимум энтропии, согласно (7), равен

$$\log_2 N = \log_2 5 = 2,322 \text{ бит}. \quad (9)$$

Согласно (6), степень информированности

$$J = \frac{H_{\max} - H_1}{H_{\max}}, \quad (10)$$

где  $H_{\max}$  – максимальная энтропия при  $P_i = \frac{1}{n}$  до принятия очередного сообщения.

При этом должны соблюдаться требования

$$\sum_{i=1}^n P_i = 1, \quad \sum_{i=1}^5 0,2 = 1. \quad (11)$$

*2-й этап.* Определяется поэтапно фактическое состояние начальной неопределенности системы путем ее уменьшения и, следовательно, уменьшения энтропии (8), (9) при получении очередных сообщений о фактическом их состоянии по выражению

$$-P_j \log_2 P_j. \quad (12)$$



В нашем примере  $i = 1, \dots, n$ .

Так как 3-й вариант (морская среда) исследован нами ранее, будем рассматривать только оставшиеся разнообразия  $P_i = (1, 2, 4, 5)$ , содержание которых по опыту эксплуатации, наших знаний и состоянию в данный момент системы будут равны  $P_j$ , где  $i$  – это максимальная неопределенность выбранных пяти разнообразий (0,2), а  $j$  – сообщение о фактическом состоянии четырех (третье разнообразие нам неизвестно) при выполнении условий (11).

3-й этап. Завершающий расчет по зависимости (12). Расчет ведется по  $j$  – фактическим состояниям системы с учетом убыли выбранных разнообразий. В конечном счете, получаем процент принятой информации на данном этапе:

$$\sum_{j=1}^k J_j = \frac{H_{\max} - H_j}{H_{\max}} 100\% . \quad (13)$$

В нашем случае таких выражений будет четыре:  $n = 4$ , при выполнении условий (11). Все этапы представлены на рис. 3.

Как видно из рис. 3, с получением новых сообщений, которые надо проанализировать и на основании практики провести корректировку разнообразия, которое приведет к уменьшению неопределенности, сократит энтропию и увеличит информативность управляющего лица. В конечном счете, идет как бы соревнование неопределенности и информированности. При этом формальные приемы с равновероятностью сочетаются с фактической обстановкой, что положительно характеризует данный метод.

## ВЫВОДЫ

В статье показана возможность использовать данный кибернетический метод, дающий решения управления информированностью в реальных эргономических системах за счет уменьшения неопределенности.

В основе рассматриваемого метода лежит анализ двоичной системы, что, безусловно, упрощает схему расчета и позволяет удачно использовать навыки судовождения – человеческого фактор.

Однако данный опыт показал, что при рассмотрении более сложных эргономических систем, видимо, более рационально использовать аппарат не двоичной, а бесконечнозначной логики (см. «Морской вестник», 2013, №2(42)), которая имеет возможность рассматривать явления при  $+\infty - \infty$ .

## ЛИТЕРАТУРА

1. Винер Норберт. Кибернетика или управление и связь в животном и машине. – Изд. 2-е. – М.: Наука, 1983.
2. Кравченко Р., Скритка А. Основы кибернетики. – М.: Экономика, 1974.
3. Григорьев Н., Двишин А., Наконечный М. Восприятие информации, как фактор безопасности мореплавания // Морской флот. – 2015. – №4.
4. Шайхудинов Н. Платформы в море: как избежать столкновений? // Морской флот. – 2015. – №3.
5. Джордж Ф. Основы кибернетики / Пер. с англ. – М.: Радио и связь. – 1984.

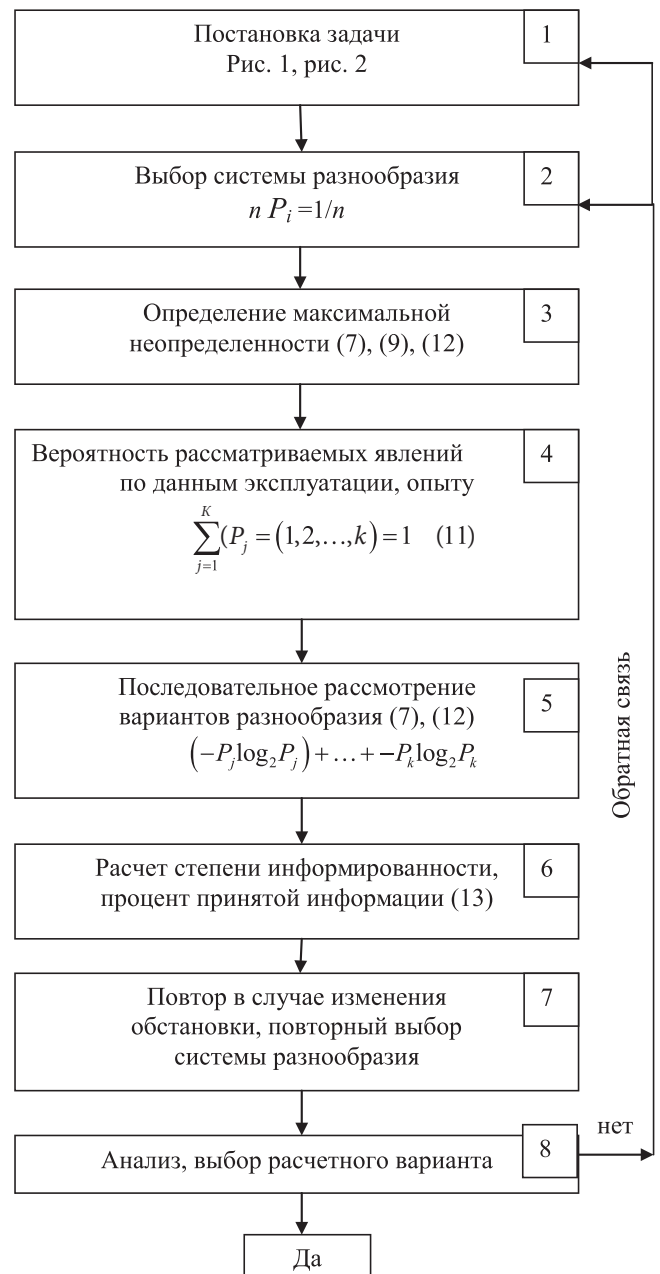


Рис. 3. Схема процесса устранения неопределенности

6. Ярисов В.В. Проектное и нормативное обоснование характеристик безопасности малотоннажных рыболовных судов. – Докт. дисс. Нижний Новгород, 2017.
7. Гольдфарб Л. Конспект лекций по курсу теории автоматического регулирования. – Ч. 1. – М.: МЭИ, 1961.
8. Коршунов Ю.М. Математические основы кибернетики. – М.: Энергия, 1980. ■

Качественное управление современными подвижными объектами невозможно без знания точной и полной информации как о самом объекте, так и о внешних возмущениях, действующих на него. Для определения этой информации используются всевозможные методы и алгоритмы фильтрации и идентификации. Наибольшее практическое применение в настоящее время получили Калмановские алгоритмы, основанные на использовании невязок между измеряемыми  $y(t)$  и оцениваемыми  $\hat{x}(t)$  параметрами движения. Среди таких алгоритмов можно отметить как оптимальный фильтр Калмана–Бьюси [1]; нелинейный фильтр Калмана [2]; расширенный фильтр Калмана [3]. Фильтры [1, 2] позволяют получать оценки фазовых координат объекта лишь при точной информации о моделях объекта управления и измерения, а также характеристиках входных помех и помех измерения. Для алгоритма [3], кроме перечисленной информации, необходимы также данные о моделях внешних возмущений. Получение точной информации о моделях движения и возмущения является сложной задачей, требующей больших временных и материальных затрат, связанных с моделированием исследуемого объекта управления в лабораторных условиях, проведением полунатурных испытаний и уточнением параметров модели в условиях натурных испытаний.

Альтернативой данным подходам являются подходы, связанные с разработкой адаптивных [4–7] и робастных [8] алгоритмов фильтрации и управления. В основном эти работы связаны либо с оптимизацией ошибок оценивания фазовых координат либо с использованием методов идентификации, либо с обработкой и исследованием невязок  $v = y - C\hat{x}$  в обратной связи, где  $v, y, \hat{x}$  – векторы невязок, измерений и оценок вектора состояния.

В работе [9] была сделана попытка использования в обратной связи не только невязок, как в классических алгоритмах фильтрации, но и интегралов от этих невязок. Использование интегралов от невязок, как показали результаты полномасштабного имитационного моделирования на аппаратно-программном комплексе для широкого класса подводных и надводных аппаратов [10–12], позволяет нивелировать неточность и неполноту информации о моделях движения объекта и внешних возмущений.

Данная работа является продолжением работы [7] и посвящена аналитическому конструированию алгоритмов фильтрации с интегральными невязками, а также синтезу алгоритмов управления, позволяющих компенсировать неизвестные внешние возмущения на основе полученных оценок.

## ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

**Модель динамики.** В работе рассматривается имитационная модель движения подводного аппарата, динамика которого описывается матричным линейным дифференциальным уравнением

$$\dot{x} = Ax(t) + Bu(t) + Df(t) + w(t), \quad (1)$$

где  $A, B, D$  – известные матрицы размерности  $n \times n, n \times k$  и  $n \times l$  соответственно,  $x(t)$  и  $u(t)$  – векторы состояния и управления размерности  $n \times 1$  и  $k \times 1$ ,  $f(t)$  –  $l$ -мерный вектор внешних возмущений,  $w(t)$  –  $n$ -мерный случайный гауссовский процесс с нулевым средним  $M[w(t)] = 0$  и известной ковариационной матрицей  $Q(t)$  размерности  $n \times n$ ,  $M[w(t)w^T(\tau)] = Q(t)(t - \tau)$ .

# АЛГОРИТМ ФИЛЬТРАЦИИ С ИНТЕГРАЛЬНЫМИ НЕВЯЗКАМИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КЛАССОМ МОРСКИХ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ В УСЛОВИЯХ ДЕЙСТВИЯ ВОЗМУЩЕНИЙ

*Н.Н. Тарасов, канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник,  
С.К. Данилова, канд. техн. наук, вед. науч. сотрудник,  
А.М. Кусков, мл. науч. сотрудник,  
И.М. Кусков, науч. сотрудник,  
ФГБУН «Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова»  
Российской академии наук,  
контакт. тел. +7 (919) 990 2332, +7 (963) 962 7801, +7 (906) 752 0757,*

**Модель измерения фазовых координат.** Современные измерительные комплексы позволяют определять достаточно большой объем информации о параметрах движения. В качестве измеряемых координат в работе рассмотрены те, в уравнения которых входят неизвестные возмущения. С достаточной степенью точности математическая модель системы измерения представляется в виде [13]

$$y(t) = Cx(t) + (t), \quad (2)$$

где  $C$  – известная матрица наблюдений размерности  $n \times n$ ,  $y(t)$  –  $m$ -мерный вектор измерений фазовых координат  $x(t)$ ;  $\xi(t)$  – случайный векторный гауссовский процесс с нулевым средним  $M[\xi(t)] = 0$  и известной ковариационной матрицей  $R(t)$  размерности  $n \times n$ ,  $M[\xi(t), \xi^T(\tau)] = R(t)\delta(t - \tau)$ .

**Модель внешних возмущений.** К наиболее типичным возмущениям, действующим на подводные аппараты, относятся:

а) *волновые возмущения.* Модель волновых возмущений по силе  $f_b = (f_{by}, f_{bz})^T$  и моменту  $m_b = (m_{bz}, m_{by})^T$  задается как совокупность гармоник со своими амплитудами частотами и случайными фазами, которые для каждого объекта управления могут быть определены по данным натурных испытаний:

$$\begin{aligned} f_{by} &= K_{fy} \sum_{i=1}^n \alpha_{fyi} \sin(\omega_i t + \varphi_{fyi}); \\ m_{bz} &= K_{mz} \sum_{i=1}^n \alpha_{mzi} \sin(\omega_i t + \varphi_{mzi}); \\ f_{bz} &= K_{fz} \sum_{i=1}^n \alpha_{fzi} \sin(\omega_i t + \varphi_{fzi}); \\ m_{by} &= K_{my} \sum_{i=1}^n \alpha_{myi} \sin(\omega_i t + \varphi_{myi}), \end{aligned} \quad (3)$$

где  $\alpha_{fyi}, \alpha_{fzi}, \alpha_{mzi}, \alpha_{myi}, K_{fy}, K_{mz}, K_{fz}, K_{my}$  – постоянные параметры, получаемые, как правило, экспериментальным путем и зависящие от бальности, курсового угла, динамических характеристик объекта управления, частоты колебаний  $\omega_i$ , случайных значений начальных фаз колебаний  $(\varphi_{fyi}, \varphi_{fzi}, \varphi_{mzi}, \varphi_{myi})$ . Процесс получения точных значений сил и моментов, действующих на исследуемый объект управления, связан с обработкой и анализом широкого спектра параметров и, как отмечалось ранее, требует больших временных и материальных затрат. Проводить такие исследования для каждого объекта управления, зная их тактико-технические характеристики, можно получить оценки возможных значений возмущений.

б) *возмущения, характеризующие гидрологические силы и моменты, а также подводные течения*  $f_y, f_z, m_y, m_z$ , возникающие в случайные моменты времени. Модель таких воз-

мущений может быть представлена в виде алгебраических уравнений:

$$\begin{aligned}
 f_y &= A_p \sin(2\pi t / T_p) && \text{при } (t \geq t_0) \ \& \ (t < T_p / 4); \\
 f_y &= A_p && \text{при } (t \geq T_p / 4) \ \& \ (t < N_1 T_p); \\
 f_y &= A_p \cos(2\pi t / T_p) && \text{при } (t \geq N_1 T_p) \ \& \ (t < (2N_1 + 1) T_p / 2); \\
 f_y &= -A_p && \text{при } (t \geq (2N_1 + 1) T_p / 2) \ \& \ (t < N_2 T_p); \\
 f_y &= A_p \cos(2\pi t / T_p) - 2A_p && \text{при } (t \geq N_2 T_p) \ \& \ (t < (2N_2 + 1) T_p / 2); \\
 f_y &= -A_p - 2A_p && \text{при } (t \geq (2N_2 + 1) T_p / 2) \ \& \ (t < N_3 T_p); \\
 f_y &= A_p \cos(2\pi t / T_p) - 4A_p && \text{при } (t \geq N_3 T_p) \ \& \ (t < (2N_3 + 1) T_p / 2); \\
 f_y &= -A_p - 4A_p && \text{при } (t \geq (2N_3 + 1) T_p / 2) \ \& \ (t < N_4 T_p)
 \end{aligned}$$

и т. д.

При изменении направления возмущения уравнения имеют вид

$$\begin{aligned}
 f_y &= -A_p \cos(2\pi t / T_p) - 4A_p && \text{при } (t \geq N_4 T_p) \ \& \ (t < (2N_4 + 1) T_p / 2); \\
 f_y &= A_p - 4A_p && \text{при } (t \geq (2N_4 + 1) T_p / 2) \ \& \ (t < N_5 T_p); \\
 f_y &= -A_p \cos(2\pi t / T_p) - 2A_p && \text{при } (t \geq N_5 T_p) \ \& \ (t < (2N_5 + 1) T_p / 2); \\
 f_y &= A_p - 2A_p && \text{при } (t \geq (2N_5 + 1) T_p / 2) \ \& \ (t < N_6 T_p); \\
 f_y &= -A_p \cos(2\pi t / T_p) + 0A_p && \text{при } (t \geq N_6 T_p) \ \& \ (t < (2N_6 + 1) T_p / 2); \\
 f_y &= A_p + 0A_p && \text{при } (t \geq (2N_6 + 1) T_p / 2) \ \& \ (t < N_7 T_p)
 \end{aligned}$$

и т. д., где  $A_p$  – амплитуда изменения возмущения  $f_y$ ,  $T_p$  – время изменения возмущения,  $N_1, N_2$  – числа, показывающие моменты изменения возмущения. Аналогичным образом описываются и возмущения  $f_z, m_y, m_z$ .

**Постановка задачи.** Пусть дан объект управления, описываемый линейной системой (1), и вектор измеряемых координат (2), на который действует совокупность волновых и меняющихся возмущений  $f(t)$ , значения которых могут быть оценены оператором для конкретного объекта. Необходимо получить оценки фазовых координат  $\hat{x}$ , оценки совокупного вектора возмущений  $\hat{F}$  и на основании полученных оценок синтезировать законы управления подводным аппаратом в конкретном режиме движения.

### АЛГОРИТМЫ ФИЛЬТРАЦИИ

Для получения оценок фазовых координат  $x$  объекта (1) по измерениям (2) используются различные алгоритмы фильтрации. В зависимости от информации об объекте управления и возмущений наибольшую популярность в настоящее время приобрели Калмановские алгоритмы фильтрации, использующие невязки в обратной связи [1–3].

**Калмановские алгоритмы фильтрации.** Данные фильтры используются для систем с достоверной информацией о моделях движения и возмущений. В этом случае алгоритм фильтрации принимает вид

$$\begin{aligned}
 \dot{\hat{x}} &= \mathbf{A}\hat{x} + \mathbf{B}u + \mathbf{D}f + K_0(y - \mathbf{C}\hat{x}); \\
 \hat{x}(t_0) &= M[x(t_0)],
 \end{aligned} \tag{4}$$

где коэффициенты усиления определяются с помощью уравнения Риккати:

$$\dot{\mathbf{P}} = \mathbf{A}\mathbf{P} + \mathbf{P}\mathbf{A}^T - \mathbf{P}\mathbf{C}^T\mathbf{R}^{-1}\mathbf{C}\mathbf{P} + \mathbf{Q},$$

причем  $K_0 = (K_{ij}) = \mathbf{P}\mathbf{C}^T\mathbf{R}^{-1}$ . Эти коэффициенты могут быть вычислены заранее при заданных ковариационных матрицах  $\mathbf{R}$  и  $\mathbf{Q}$ .

Недостатком данных алгоритмов является достаточно высокое требование к качеству и точности информации о параметрах модели движения  $\mathbf{A}$ ,  $\mathbf{B}$  и внешних возмущений  $f(t), w(t), \xi(t)$ . В связи с этим качество получаемых оценок фазовых координат не удовлетворяет требованиям, предъявляемым к современным системам управления, работающим в реальных условиях при действии неизвестных возмущений.

**Алгоритм фильтрации с интегральными невязками.** Для устранения указанных выше недостатков в данной работе предложен алгоритм фильтрации, позволяющий получать оценки не только фазовых координат, но и оценки неизвест-

ных внешних возмущений. Предлагаемый алгоритм, как отмечалось ранее, основан на использовании не только невязок  $v = y - \mathbf{C}\hat{x}$ , но и интегралов от этих невязок:

$$\begin{aligned}
 v_1 &= \int (y - \mathbf{C}\hat{x}) d\tau; \\
 v_2 &= \iint (y - \mathbf{C}\hat{x}) d\tau_1 d\tau_2; \\
 &\dots
 \end{aligned}$$

$$v_{r+1} = \iiint \dots \int (y - \mathbf{C}\hat{x}) d\tau_1 d\tau_2 \dots d\tau_{r+1}.$$

При этом алгоритм фильтрации примет вид

$$\begin{aligned}
 \dot{\hat{x}} &= \mathbf{A}\hat{x} + \mathbf{B}u + K_0(y - \mathbf{C}\hat{x}) + \hat{F}; \\
 \hat{x}(t_0) &= M[x(t_0)];
 \end{aligned} \tag{5}$$

$$\begin{aligned}
 \hat{F} &= K_1 \int (y - \mathbf{C}\hat{x}) d\tau + K_2 \iint (y - \mathbf{C}\hat{x}) d\tau_1 d\tau_2 + \dots \\
 &\dots + K_{r+1} \iiint \dots \int (y - \mathbf{C}\hat{x}) d\tau_1 d\tau_2 \dots d\tau_{r+1},
 \end{aligned} \tag{6}$$

где  $\hat{F}$  – оценка неизвестных внешних возмущений.

Предложенный алгоритм отличается от алгоритма (4) тем, что позволяет не только сглаживать высокочастотные возмущения  $w(t)$ , но и восстанавливать низкочастотные внешние воздействия (6), что делает его работоспособным в реальных условиях даже при действии неизвестных возмущений  $f(t)$ .

**Определение коэффициентов обратной связи.** Коэффициенты усиления  $K_0$ , как и в фильтре Калмана (4), определяются из уравнения Риккати  $\dot{\mathbf{P}} = \mathbf{A}\mathbf{P} + \mathbf{P}\mathbf{A}^T - \mathbf{P}\mathbf{C}^T\mathbf{R}^{-1}\mathbf{C}\mathbf{P} + \mathbf{Q}$ , причем  $K_0 = (K_{ij}) = \mathbf{P}\mathbf{C}^T\mathbf{R}^{-1}$ , и позволяют сглаживать высокочастотные возмущения. Коэффициенты  $K_1, K_2, \dots, K_{r+1}$  при интегральных невязках, предназначенные для восстановления низкочастотных внешних воздействий, определим следующим образом.

Рассмотрим модели движения

$$\dot{x} = \mathbf{A}x(t) + \mathbf{B}u(t) + \mathbf{D}f(t) + w(t)$$

и фильтрации

$$\begin{aligned}
 \dot{\hat{x}} &= \mathbf{A}\hat{x} + \mathbf{B}u + K_0(y - \mathbf{C}\hat{x}) + \\
 &+ K_1 \int (y - \mathbf{C}\hat{x}) d\tau + K_2 \iint (y - \mathbf{C}\hat{x}) d\tau_1 d\tau_2 + \dots + K_{r+1} \iiint \dots \int (y - \mathbf{C}\hat{x}) d\tau_1 \dots d\tau_{r+1}.
 \end{aligned}$$

Учитывая, что  $y - \mathbf{C}\hat{x} = \mathbf{C}x + \xi - \mathbf{C}\hat{x} = \mathbf{C}\varepsilon + \xi$ , где  $\varepsilon = M[x - \hat{x}]$ , и вычитая из первого уравнения второе, получаем

$$\begin{aligned}
 \dot{\varepsilon} &= (\mathbf{A} - K_0\mathbf{C})\varepsilon + \mathbf{D}f(t) - K_1\mathbf{C} \int \varepsilon d\tau - K_2\mathbf{C} \iint \varepsilon d\tau_1 d\tau_2 - \dots \\
 &\dots - K_{r+1}\mathbf{C} \iiint \dots \int \varepsilon d\tau_1 \dots d\tau_{r+1} + \\
 &+ M[w(t)] + K_1 \int M[\xi] d\tau + K_2 \iint M[\xi] d\tau_1 d\tau_2 + \dots \\
 &\dots + K_{r+1} \iiint \dots \int M[\xi] d\tau_1 d\tau_2 \dots d\tau_{r+1}.
 \end{aligned}$$

Предполагая, что

$$\begin{aligned}
 M[w(t)] + K_1 \int M[\xi] d\tau + K_2 \iint M[\xi] d\tau_1 d\tau_2 + \dots \\
 \dots + K_{r+1} \iiint \dots \int M[\xi] d\tau_1 d\tau_2 \dots d\tau_{r+1} = 0,
 \end{aligned}$$

получаем

$$\begin{aligned}
 \dot{\varepsilon} &= (\mathbf{A} - K_0\mathbf{C})\varepsilon + \mathbf{D}f(t) - K_1\mathbf{C} \int \varepsilon d\tau - \\
 &- K_2\mathbf{C} \iint \varepsilon d\tau_1 d\tau_2 - \dots - K_{r+1}\mathbf{C} \iiint \dots \int \varepsilon d\tau_1 \dots d\tau_{r+1} = \\
 &= (\mathbf{A} - K_0\mathbf{C})\varepsilon + \mathbf{D}f(t) - K_1v_1 - K_2v_2 - \dots - K_{r+1}v_{r+1}.
 \end{aligned}$$

Коэффициенты обратной связи  $K_i, i = \overline{1, r+1}$  выберем таким образом, чтобы выражение  $|\mathbf{D}f(t) - K_1v_1 - K_2v_2 - \dots - K_{r+1}v_{r+1}| \leq \varepsilon_0$  было меньше величины  $\varepsilon_0 \rightarrow 0$  или равно ей.

Тогда система примет вид  $\dot{\varepsilon} = (\mathbf{A} - K_0\mathbf{C})\varepsilon$ . Данная система является устойчивой, если система (1)–(2) наблюдаема по Калману.

Представим временной интервал конкретного маневра  $[t_0, T]$  в виде  $s$  последовательных отрезков и разложим функцию  $f(t)$  в ряд Тейлора на каждом из них. Величина  $s$  выбирается из условия сходимости ряда Тейлора к функции  $f(t)$ , т. е. чтобы каждый из отрезков принадлежал области сходимости ряда

$$\begin{aligned} [t_0, t_1]: f(t) &= f_1(t_1^*) + \frac{f_1^{(1)}(t_1^*)}{1!} h_1 + \frac{f_1^{(2)}(t_1^*)}{2!} h_1^2 + \frac{f_1^{(3)}(t_1^*)}{3!} h_1^3 + \dots + \frac{f_1^{(r)}(t_1^*)}{r!} h_1^r; \\ [t_1, t_2]: f(t) &= f_2(t_2^*) + \frac{f_2^{(1)}(t_2^*)}{1!} h_2 + \frac{f_2^{(2)}(t_2^*)}{2!} h_2^2 + \frac{f_2^{(3)}(t_2^*)}{3!} h_2^3 + \dots + \frac{f_2^{(r)}(t_2^*)}{r!} h_2^r; \\ &\dots \\ [t_{s-1}, t_s]: f(t) &= f_s(t_s^*) + \frac{f_s^{(1)}(t_s^*)}{1!} h_s + \frac{f_s^{(2)}(t_s^*)}{2!} h_s^2 + \frac{f_s^{(3)}(t_s^*)}{3!} h_s^3 + \dots + \frac{f_s^{(r)}(t_s^*)}{s!} h_s^r, \end{aligned}$$

где  $t_j^* \in [t_{j-1}, t_j]$ ,  $j \in (1, s)$ ,  $f_j^{(i)}(t_j^*)$  –  $i$ -я производная функции  $f(t)$  на  $j$ -м отрезке,  $h_j = t_j - t_{j-1}$ .

Тогда на каждом из отрезков потребуем выполнения

$$\begin{aligned} |Df(t) - K_1 v_1 - K_2 v_2 - \dots - K_{r+1} v_{r+1}| &= \\ &= \left| Df_j(t_j^*) + D \frac{f_j^{(1)}(t_j^*)}{1!} h_j + D \frac{f_j^{(2)}(t_j^*)}{2!} h_j^2 + \dots \right. \\ &\quad \left. + D \frac{f_j^{(r)}(t_j^*)}{r!} h_j^r - K_1 v_1 - K_2 v_2 h_j - \dots - K_{r+1} v_{r+1} h_j^r \right| \leq \\ &\leq |Df_j(t_j^*) - K_1 v_1| + \left| D \frac{f_j^{(1)}(t_j^*)}{1!} h_j - K_2 v_2 h_j \right| + \\ &\quad \left| D \frac{f_j^{(2)}(t_j^*)}{2!} h_j^2 - K_3 v_3 h_j^2 \right| + \dots + \left| D \frac{f_j^{(r)}(t_j^*)}{r!} h_j^r - K_{r+1} v_{r+1} h_j^r \right| = \\ &\quad |Df_j(t_j^*) - K_1 v_1| + \left| D \frac{f_j^{(1)}(t_j^*)}{1!} - K_2 v_2 \right| h_j + \\ &\quad \left| D \frac{f_j^{(2)}(t_j^*)}{2!} - K_3 v_3 \right| h_j^2 + \dots + \left| D \frac{f_j^{(r)}(t_j^*)}{r!} - K_{r+1} v_{r+1} \right| h_j^r \leq \\ &\leq |Df_j(t_j^*) - K_1 v_1| + \left| D \frac{f_j^{(1)}(t_j^*)}{1!} - K_2 v_2 \right| h + \left| D \frac{f_j^{(2)}(t_j^*)}{2!} - K_3 v_3 \right| h^2 + \dots \\ &\quad \dots + \left| D \frac{f_j^{(r)}(t_j^*)}{r!} - K_{r+1} v_{r+1} \right| h^r \leq \varepsilon_0, \end{aligned}$$

где  $\varepsilon_0$  – заданный числовой вектор,  $h = \max\{h_1, h_2, \dots, h_s\}$ .

Обозначив

$$\begin{aligned} f_{\max} &= \max\{f_1(t_1^*), f_2(t_2^*), \dots, f_s(t_s^*), \dots\}; \\ f_{\max}^{(1)} &= \max\{f_1^{(1)}(t_1^*), f_2^{(1)}(t_2^*), \dots, f_s^{(1)}(t_s^*), \dots\}; \\ &\dots \end{aligned}$$

$$f_{\max}^{(r)} = \max\{f_1^{(r)}(t_1^*), f_2^{(r)}(t_2^*), \dots, f_s^{(r)}(t_s^*), \dots\}$$

и учитывая, что большему значению возмущения соответствует и большая невязка, получаем

$$\begin{aligned} \max_{j \in (1, s)} \left\{ |Df_j(t_j^*) - K_1 v_1| + \left| D \frac{f_j^{(1)}(t_j^*)}{1!} - K_2 v_2 \right| h + \right. \\ \left. + \left| D \frac{f_j^{(2)}(t_j^*)}{2!} - K_3 v_3 \right| h^2 + \dots + \left| D \frac{f_j^{(r)}(t_j^*)}{r!} - K_{r+1} v_{r+1} \right| h^r \right\} \leq \\ \leq |Df_{\max} - K_1 v_{1\max}| + \left| D \frac{f_{\max}^{(1)}}{1!} - K_2 v_{2\max} \right| h + \left| D \frac{f_{\max}^{(2)}}{2!} - K_3 v_{3\max} \right| h^2 + \dots \\ \dots + \left| D \frac{f_{\max}^{(r)}}{r!} - K_{r+1} v_{r+1\max} \right| h^r \leq \varepsilon_0, \end{aligned}$$

где  $v_{1\max}$  определяется в текущем времени из условия

$$\text{ЕСЛИ } v_1(t) \geq v_{1\max} \text{ ТО } v_{1\max} = v_1(t).$$

Для определения коэффициентов  $K_1, K_2, \dots, K_{r+1}$  решим неравенства

$$\begin{aligned} |Df_{\max} - K_1 v_{1\max}| \leq \varepsilon_1; \quad \left| D \frac{f_{\max}^{(1)}}{1!} - K_2 v_{2\max} \right| \leq \varepsilon_2; \\ \dots \\ \left| D \frac{f_{\max}^{(r)}}{r!} - K_{r+1} v_{r+1\max} \right| \leq \varepsilon_{r+1}, \end{aligned}$$

При  $\varepsilon_i \rightarrow 0$ ,  $i \in (1, r+1)$  получим систему уравнений

$$\begin{aligned} K_1 v_{1\max} &= Df_{\max}; \quad K_2 v_{2\max} = D \frac{f_{\max}^{(1)}}{1!}; \\ &\dots \\ K_{r+1} v_{r+1\max} &= D \frac{f_{\max}^{(r)}}{r!}. \end{aligned}$$

Для однозначного определения коэффициентов усиления при интегральных невязках представим матрицы  $K_i$  в виде  $K_i = DS_i$ ,  $i \in (1, r+1)$ ,

$$\text{где } S_i = \begin{pmatrix} S_{11}^i & 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & S_{22}^i & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & S_{ll}^i & 0 & \dots & 0 \end{pmatrix} - \text{матрицы размерности } l \times m.$$

В результате

$$\begin{aligned} DS_1 v_{1\max} &= Df_{\max} \Rightarrow S_1 v_{1\max} = f_{\max}; \\ DS_2 v_{2\max} &= D \frac{f_{\max}^{(1)}}{1!} \Rightarrow S_2 v_{2\max} = \frac{f_{\max}^{(1)}}{1!}; \\ &\dots \\ DS_{r+1} v_{r+1\max} &= D \frac{f_{\max}^{(r)}}{r!} \Rightarrow S_{r+1} v_{r+1\max} = \frac{f_{\max}^{(r)}}{r!}; \end{aligned} \quad (7)$$

где  $v_{1\max} = (v_{1\max,1}, v_{1\max,2}, \dots, v_{1\max,m})^T$ ;  $f_{\max} = (f_{\max,1}, f_{\max,2}, \dots, f_{\max,l})^T$ ;  
 $f_{\max}^{(1)} = (f_{\max,1}^{(1)}, f_{\max,2}^{(1)}, \dots, f_{\max,l}^{(1)})^T, \dots, f_{\max}^{(r)} = (f_{\max,1}^{(r)}, f_{\max,2}^{(r)}, \dots, f_{\max,l}^{(r)})^T$

– векторы невязок, возмущений и их производных.

Раскрывая уравнения (7) для каждой матрицы  $S_p$  получаем систему скалярных уравнений

$$\begin{aligned} S_{11}^l &= \frac{f_{\max,l}}{v_{1\max,l}}, \quad S_{22}^l = \frac{f_{\max,2}}{v_{1\max,2}}, \quad \dots, \quad S_{ll}^l = \frac{f_{\max,l}}{v_{1\max,l}}; \\ S_{11}^2 &= \frac{f_{\max,l}^{(1)}}{1! \cdot v_{1\max,l}}, \quad S_{22}^2 = \frac{f_{\max,2}^{(1)}}{1! \cdot v_{1\max,2}} = \frac{S_{22}^1 f_{\max,2}^{(1)}}{1 \cdot f_{\max,2}}, \quad \dots, \quad S_{ll}^2 = \frac{f_{\max,l}^{(1)}}{1! \cdot v_{1\max,l}} = \frac{S_{ll}^1 f_{\max,l}^{(1)}}{1 \cdot f_{\max,l}}; \\ S_{11}^3 &= \frac{f_{\max,l}^{(2)}}{2! \cdot v_{1\max,l}}, \quad S_{22}^3 = \frac{f_{\max,2}^{(2)}}{2! \cdot v_{1\max,2}} = \frac{S_{22}^2 f_{\max,2}^{(2)}}{2 \cdot f_{\max,2}^{(1)}}, \quad \dots, \quad S_{ll}^3 = \frac{f_{\max,l}^{(2)}}{2! \cdot v_{1\max,l}} = \frac{S_{ll}^2 f_{\max,l}^{(2)}}{2 \cdot f_{\max,l}^{(1)}}; \\ &\dots \\ S_{11}^{r+1} &= \frac{f_{\max,l}^{(r)}}{r! \cdot v_{1\max,l}} = \frac{S_{11}^r f_{\max,l}^{(r)}}{r \cdot f_{\max,l}^{(r-1)}}, \quad S_{22}^{r+1} = \frac{f_{\max,2}^{(r)}}{r! \cdot v_{1\max,2}} = \frac{S_{22}^r f_{\max,2}^{(r)}}{r f_{\max,2}^{(r-1)}}, \quad \dots, \quad S_{ll}^{r+1} = \frac{f_{\max,l}^{(r)}}{r! \cdot v_{1\max,l}} = \frac{S_{ll}^r f_{\max,l}^{(r)}}{r f_{\max,l}^{(r-1)}}. \end{aligned}$$

Для нормальной работы алгоритма фильтрации начальные значения выбираемых оценок возмущений и их производных  $f_{\max}^{(1)}, f_{\max}^{(2)}, f_{\max}^{(3)}, \dots, f_{\max}^{(r)}$ , как показали результаты моделирования, должны быть не меньше истинных значений возмущений. Превышение начальных значений  $f_{\max}^{(1)}, f_{\max}^{(2)}, f_{\max}^{(3)}, \dots, f_{\max}^{(r)}$  даже на порядок и более не влияет на качество работы алгоритма фильтрации. Мало того, чем выше значения оценок  $f_{\max}^{(1)}, f_{\max}^{(2)}, f_{\max}^{(3)}, \dots, f_{\max}^{(r)}$ , тем выше коэффициенты обратной связи  $K_i = DS_i$ , и тем точнее оценки внешних возмущений  $\hat{F}$ .

## АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ С КОМПЕНСАЦИЕЙ ВНЕШНИХ ВОЗМУЩЕНИЙ

Классические законы управления описываются в виде алгебраических уравнений

$$u_1 = k_x \hat{x}. \quad (8)$$

Эти законы управления работают лишь в отсутствие внешних возмущений и при линейной модели движения. Для реальных систем, функционирующих в условиях действия внешних возмущений, законы управления должны включать в себя оценки возмущений, получаемых с помощью алгоритмов фильтрации. Предлагаемые в работе законы управления имеют вид

$$u = u_1 + u_2 = k_x \hat{x} + k_f \hat{F}, \quad (9)$$

где составляющая вектора управления  $u_1$  отвечает за качество процесса управления, а составляющая  $u_2$  – за компенсацию внешних возмущений.

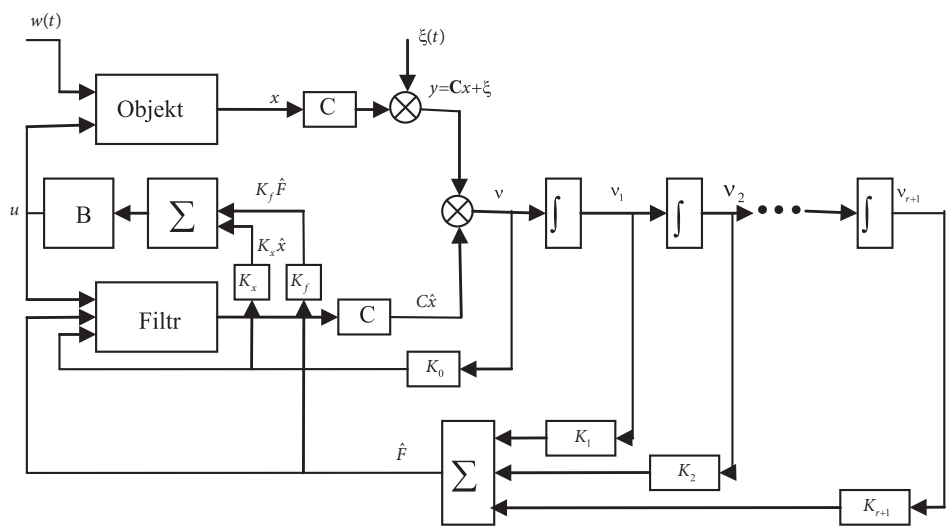


Рис. 1. Структурная схема системы управления объектом с восстановлением неизвестных внешних воздействий

Считая, что алгоритм фильтрации (5–6) позволяет получать достаточно точные оценки  $\hat{F}$  неизвестных возмущений  $f(t)$ , управление, компенсирующее неизвестное возмущение, получим из уравнения

$$\mathbf{B}u_2 + \mathbf{D}f(t) = \mathbf{B}u_2 + \hat{F} - \varepsilon_u,$$

где  $\varepsilon_u$  определяет ошибку компенсации возмущений. Критерием при оценивании вектора управления  $u_2$  выберем критерий минимума квадрата ошибки:

$$J = \min(\mathbf{B}u_2 + \hat{F})^T (\mathbf{B}u_2 + \hat{F}).$$

В результате получим, что вектор управления определяется в виде

$$u_2 = -(\mathbf{B}^T \mathbf{B})^{-1} \mathbf{B}^T \hat{F}$$

[14], а вектор коэффициентов

$$k_f = -(\mathbf{B}^T \mathbf{B})^{-1} \mathbf{B}^T.$$

Такой подход может быть использован и для управления нелинейными системами при восстановлении внешних возмущений, включающих в себя и неточность модели объекта управления.

На рис. 1 представлена структурная схема системы управления объектом при включении в контур управления фильтра с интегральными невязками.

**КОМПЬЮТЕРНАЯ АПРОБАЦИЯ АЛГОРИТМОВ ФИЛЬТРАЦИИ**

Имитационное моделирование алгоритмов фильтрации и управления проводилось на модели движения подводного аппарата в вертикальной плоскости, описываемой линейной системой дифференциальных уравнений:

$$\dot{x} = \mathbf{A}x(t) + \mathbf{B}u(t) + \mathbf{D}f(t) + w(t),$$

где

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} a_{11}V_x & a_{12}V_x & 0 & 0 \\ a_{21}V & a_{22}V_x & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & V_x & 0 \end{pmatrix}, \mathbf{B} = \begin{pmatrix} b_{11}V_x^2 & b_{12}V_x^2 \\ b_{21}V_x^2 & b_{22}V_x^2 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}, \mathbf{D} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} -$$

известные матрицы состояния, управления и возмущений, зависящие от продольной скорости движения ( $V_x$ ),  $x = (V_y \ \omega_z \ \psi \ \eta)^T$  – вектор состояния,  $V_x \omega_z$  – линейная и угловая скорость,  $\psi$  – угол дифферента,  $\eta$  – глубина погружения,

$u = (u_1 \ u_2)^T$  – вектор управления,  $f = \begin{pmatrix} f_{by} + f_y \\ m_{bz} + m_z \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$  – совокупный

вектор внешних возмущений,  $w(t)$  – случайный векторный гауссовский процесс с нулевым средним  $M[w(t)] = 0$  и известной ковариационной матрицей  $M[w(t)w^T(\tau)] = \mathbf{Q}(t)\delta(t - \tau)$ .

Система наблюдений описывается системой уравнений:

$$y(t) = \mathbf{C}x(t) + \xi(t),$$

где  $\mathbf{C} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}$  – матрица наблюдений,  $\xi(t)$  – случайный векторный гауссовский процесс с нулевым средним  $M[\xi(t)] = 0$  и известной ковариационной матрицей  $M[\xi(t)\xi^T(\tau)] = \mathbf{R}(t)\delta(t - \tau)$ .

Вектор управляющих воздействий определяется в виде

$$u = \begin{pmatrix} c_1(\hat{\eta} - \eta_z) + c_2 \hat{V}_y + c_3(\psi - \psi_z) + c_4 \hat{\omega}_z - (b_{22} \hat{F}_{V_y} - b_{12} \hat{F}_{\omega_z}) / (b_{11} b_{22} - b_{12} b_{21}) \\ -(b_{11} \hat{F}_{\omega_z} - b_{12} \hat{F}_{V_y}) / (b_{11} b_{22} - b_{12} b_{21}) \end{pmatrix}^T,$$

где  $c_1, c_2, c_3, c_4$  – известные коэффициенты, зависящие от режима функционирования,  $\eta_z, \psi_z$  – заданные значения глубины погружения и дифферента,  $\hat{F}_{V_y}, \hat{F}_{\omega_z}$  – оценки совокупного вектора внешних возмущений  $f(t)$ .

В качестве алгоритма фильтрации рассмотрен алгоритм (5), (6) с числом слагаемых в выражении (6) от 1 до 9.

Оценивание неизвестных внешних возмущений практически невозможно. Фильтр же с интегральными невязками позволяет с достаточно высокой степенью точности получать оценки неизвестных внешних возмущений, варьируя количеством членов в выражении (6).

На рис. 2,а, б изображены обобщенное внешнее возмущение  $f(t)$ , включающее в себя меняющиеся и волновые возмущения и оценка возмущений  $\hat{F}$  при одном и более двух членах выражения (6) соответственно. Из рисунков видно, что оценки возмущений являются смещенными и не точными.

На рис. 3 изображены аналогичные возмущения  $f(t)$  и их оценка  $\hat{F}$  при  $n = 6$ .

Как видно из рисунков, увеличение числа слагаемых в выражении (6) повышает точность оценивания возмущений. Для достижения требуемой точности оценивания, как показывает практика, достаточно трех слагаемых. А для подтверждения работоспособности данного фильтра в работе рассматривалось до 9 членов в выражении (6).

Сравнительные характеристики работы Калмановских алгоритмов и алгоритма с интегральными невязками. На рис. 4,а, б представлены переход подводного аппарата с глубины 40 м на 10 м, с использованием оценок, полученных с помощью фильтра Калмана, при скорости движения 2 м/с и 5 м/с.

Из рисунков видно, что алгоритм управления (8) по оценкам Калмановского алгоритма фильтрации не позволяет получать качественные переходы по глубине при действии неизвестных возмущений.

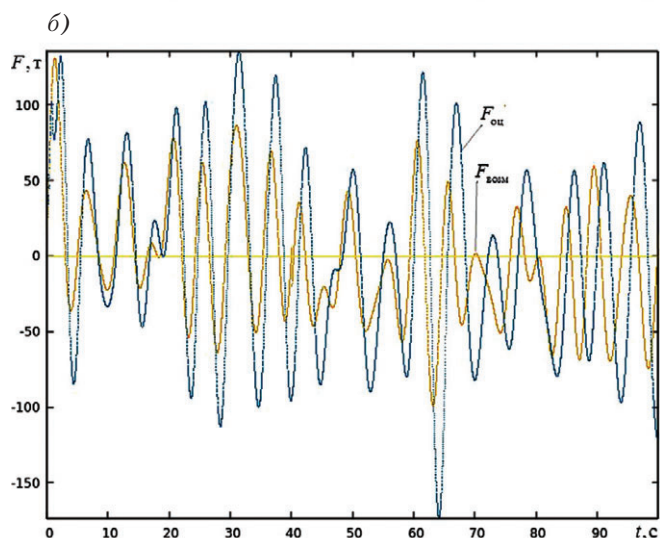
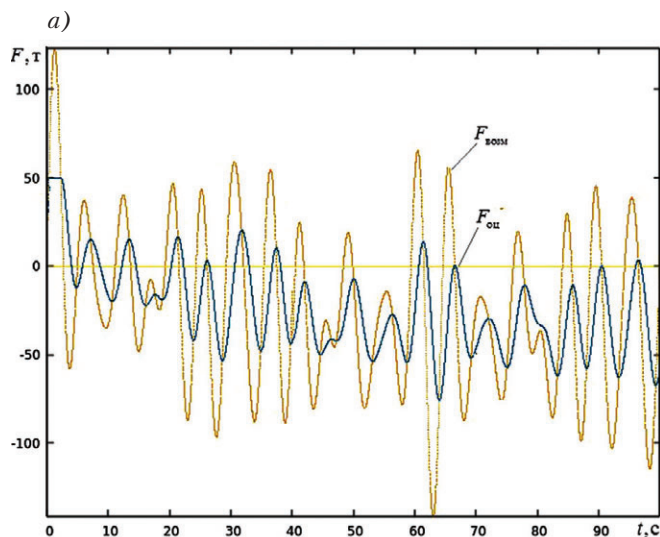


Рис. 2. Обобщенное внешнее возмущение и оценка возмущения: а – при  $n = 1$ , б – при  $n = 2$

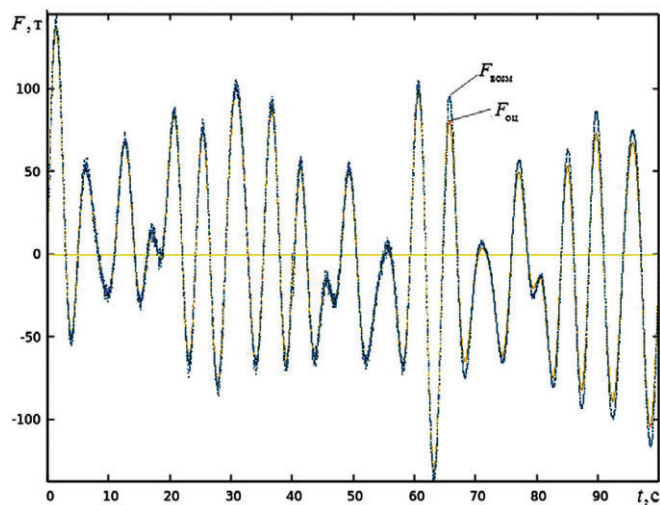


Рис. 3. Обобщенное внешнее возмущение и оценка возмущения при  $n = 6$

На рис. 5, а, б представлены аналогичные переходы подводного аппарата с использованием оценок, полученных с помощью фильтра с интегральными невязками, при скорости движения 2 м/с и 5 м/с соответственно. Как отмечалось ранее, данный фильтр позволяет получать не только оценки фазовых координат, но и оценки неизвестных возмущений, которые используются в алгоритме управления (9). При этом, как видно из рисунков, качество переходных процессов повышается.

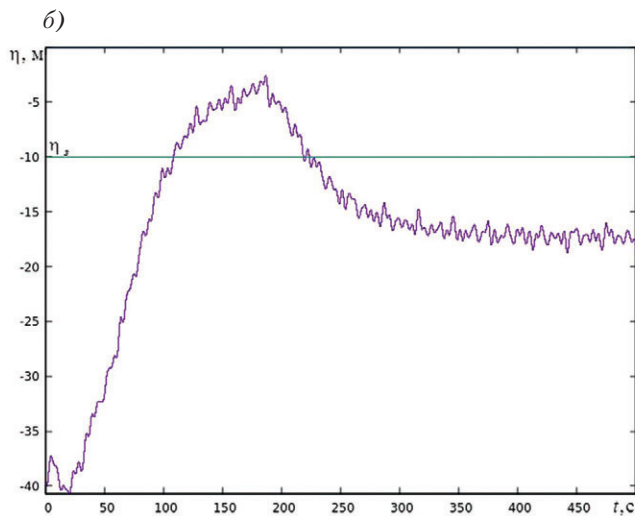
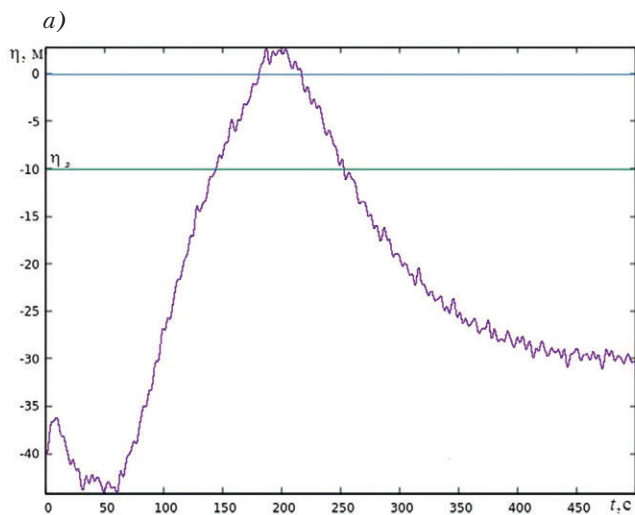


Рис. 4. Переход по глубине с 40 м на 10 м с использованием фильтра Калмана: а – при скорости  $v = 2$  м/с; б – при скорости  $v = 5$  м/с

На рис. 6, а, б изображены аналогичные результаты при действии волновых и меняющихся возмущений.

Из рисунков видно, что качество оценок фазовых координат в последнем случае намного выше, так как ошибки оценивания являются несмещенными. Это хорошо видно на переходных процессах по глубине. Кроме того, с помощью фильтра с интегральными невязками можно получать и оценки неизвестных внешних возмущений, включающих в себя совокупность различных воздействий среды. Эти оценки необходимы для коррекции классических законов управления и повышения качества управления подводными аппаратами.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложены алгоритм фильтрации, позволяющий восстанавливать не только фазовые координаты, но и неизвестные внешние возмущения, а также аналитическая зависимость выбора коэффициентов обратной связи в алгоритме фильтрации.

Данные алгоритмы фильтрации позволяют модифицировать классические законы управления за счет введения в них не только оценок фазовых координат, но и внешних возмущений, что, в свою очередь, позволяет повысить качество управления подводным аппаратом за счет устранения статических погрешностей.

Проведенное полномасштабное моделирование подтверждает работоспособность предлагаемых алгоритмов фильтрации и управления.

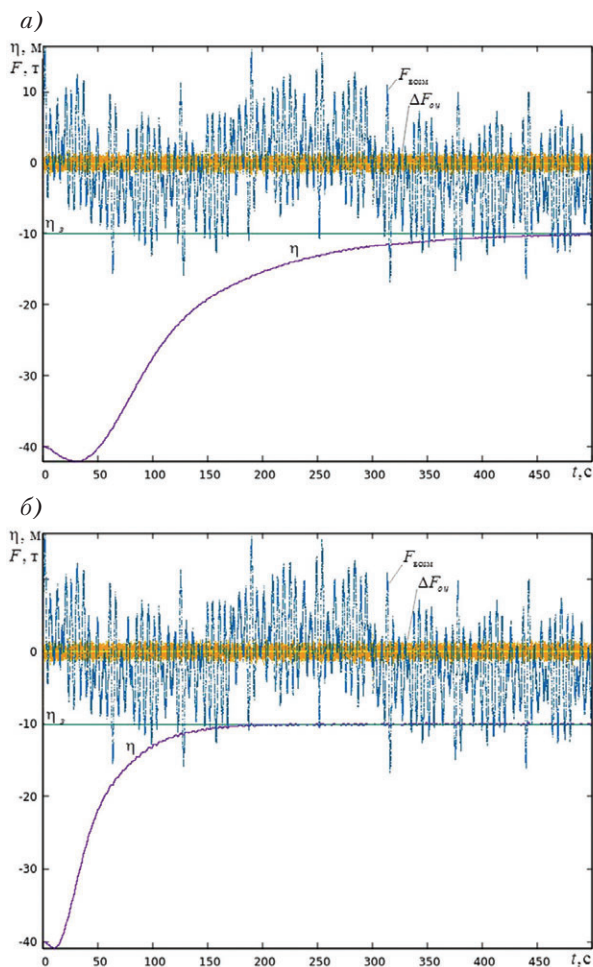


Рис. 5. Переход по глубине с 40 м на 10 м с использованием фильтра с интегральными невязками при скорости  $v = 2$  м/с (а) и при скорости  $v = 5$  м/с (б), а также возмущение  $f(t)$  и ошибки оценок возмущений

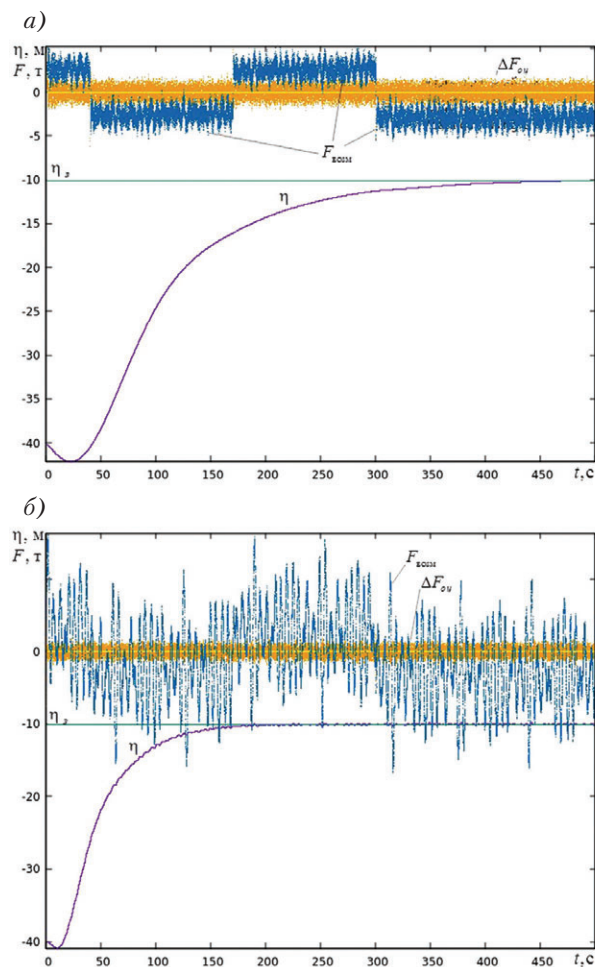


Рис. 6. Переход по глубине с 40 м на 10 м с использованием оценок фильтра с интегральными невязками при скорости  $v = 2$  м/с (а) и при скорости  $v = 5$  м/с (б), а также возмущения и ошибки оценок возмущений

## ЛИТЕРАТУРА

1. Квакернаак Х., Сиван Р. Линейные оптимальные системы управления. – М.: Мир, 1977.
2. Фильтрация и стохастическое управление в динамических системах / Под ред. К. Т. Леондеса. – М.: Мир, 1980.
3. Сейдж Э. П., Мелса Дж. Л. Идентификация систем управления. – М.: Наука, 1974.
4. Бобцов А. А., Пыркин А. А. Компенсация неизвестного синусоидального возмущения для линейного объекта любой относительной степени // А и Т. – 2009. – № 3. – С. 114–122.
5. Feuer A., Morse A. S. Adaptive control of single-input, single-output linear systems // IEEE Trans. Automat. Control. – 1978. – Vol. 23. – № 4. – P. 557–569.
6. Семушин И. В. Эффективный алгоритм обновления оценок по измерениям // Судостроительная промышленность. – Сер. Вычислительная техника. – 1992. – № 28. – С. 55–59.
7. Khalil H. K. Universal integral controllers for minimum-phase nonlinear systems // IEEE Trans. Automat. Control. – 2000. – Vol. 45. – № 3. – P. 490–494.
8. Хлебников М. В. Робастная фильтрация при неслучайных возмущениях: метод инвариантных эллипсоидов // А и Т. – 2009. – № 1.
9. Тарасов Н. Н., Тахтамышев М. Г. Алгоритмы получения несмещенных оценок при действии неизвестных внешних возмущений // Проблемы управления. – 2012. – № 6. – С. 69–74.
10. Острецов Г. Э., Тарасов Н. Н. Управление кораблем при действии внешних возмущений с использованием интегральных невязок // Судостроение. – 2013. – № 6.
11. Данилова С. К., Кусков А. М., Кусков И. М., Тарасов Н. Н. Адаптивное управление МПО в условиях действия возмущений // Изв. ЮФУ. Техн. науки. – 2017. – № 1–2 (186–187). – С. 221–235.
12. Данилова С. К., Тарасов Н. Н., Кусков И. М. Управление подводным аппаратом при неполной информации о модели движения и внешних возмущений // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2016. – № 5. – Т. 17. – С. 354–360.
13. Евланов Л. Г. Контроль динамических систем. – М.: Наука, 1979.
14. Алберт А. Регрессия, псевдоинверсия и рекуррентное оценивание. – М.: Наука, 1977. ■

# 1. АКВАТОРИЯ СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ КАК ОБЪЕКТ НАВИГАЦИОННО-ГИДРОГРАФИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

## 1.1. Границы акватории Северного морского пути

Северный морской путь (СМП) представляет собой «исторически сложившуюся национальную транспортную коммуникацию Российской Федерации» [1], которая связывает все арктические и субарктические регионы России. Акватория СМП является составной частью Северо-Восточного морского прохода (в англоязычной литературе – *North-East Passage*) из Атлантического океана в Тихий океан, расположена между островами Новая Земля на западе и Беринговым проливом на востоке и включает арктические моря: Карское, Лаптевых, Восточно-Сибирское и Чукотское и проливы Карские Ворота, Югорский Шар, Маточкин Шар, Вилькицкого, Шокальского, Дмитрия Лаптева, Санникова, Лонга (рис. 1).

Под акваторией СМП понимается водное пространство, прилегающее к северному побережью России, охватывающее внутренние морские воды, территориальное море, прилежащую зону и исключительную экономическую зону Российской Федерации и ограниченное с востока линией разграничения морских пространств с Соединенными Штатами Америки и параллелью мыса Дежнева в Беринговом проливе, с запада – меридианом мыса Желания до архипелага Новая Земля, восточной береговой линией архипелага Новая Земля и западными границами проливов Маточкин Шар, Карские Ворота, Югорский Шар [1].

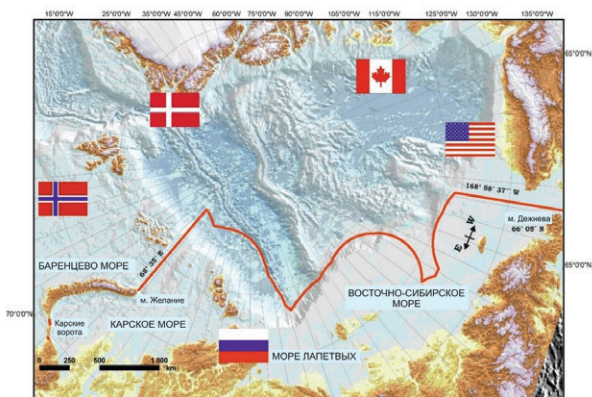


Рис. 1. Границы акватории Северного морского пути (выделены красной линией)

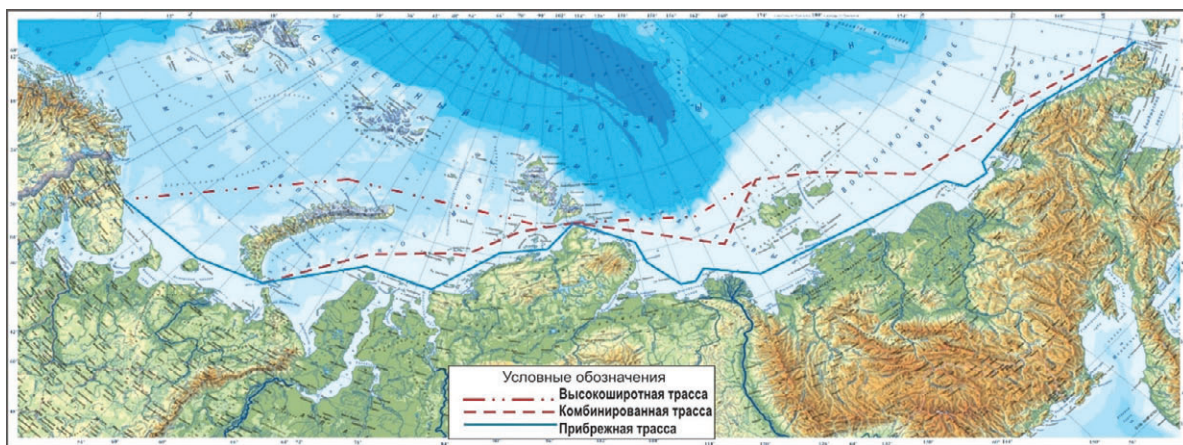


Рис. 2. Схема основных судоходных трасс в акватории СМП

# ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ НАВИГАЦИОННО-ГИДРОГРАФИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В АКВАТОРИИ СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ

## ЧАСТЬ I. СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ НГО В АРКТИЧЕСКИХ МОРЯХ РОССИИ В 30-80-Е ГОДЫ XX ВЕКА

*С.В. Решетняк, д-р техн. наук, гл. науч. сотрудник АО «ГНИНГИ», контакт. тел. +7(905) 225 3976*

Акватория СМП простирается через Карское море, море Лаптевых, Восточно-Сибирское и Чукотское моря. По акватории СМП пролегают пять основных рекомендованных маршрутов плавания: два околополюсных, два высокоширотных и традиционная прибрежная трасса [2]. Протяженность трасс колеблется от 2700 миль для околополюсных до 3500 миль для прибрежной трассы. В настоящее время практически используются три маршрута: высокоширотный, традиционный прибрежный и комбинированный маршруты (рис. 2). Общая протяженность трасс в акватории СМП превышает 14 тыс. миль, в том числе около 3 тыс. миль на участках арктических рек с морским режимом судоходства и прилегающими морскими участками [3].

Фактическая протяженность и положение трасс зависит от выбора варианта пути, обусловленного главным образом ледовой обстановкой на том или ином конкретном участке трассы и лимитирующими глубинами.

## 1.2. Основные особенности, влияющие на организацию навигационно-гидрографического обеспечения (НГО) в арктических морях России в акватории СМП

Акватория СМП представляет собой один из самых сложных и затратных регионов Мирового океана с точки зрения организации навигационно-гидрографического обеспечения. Причиной тому служат сложные природные условия, огромные площади и расстояния, относительно малые глубины, короткий навигационный период, особые требования, предъявляемые к конструкции и оснащению гидрографических судов, и другие факторы. Ледовые условия представляют собой основной фактор, затрудняющий проведение всех основных видов работ по НГО в Арктике [4, 5]. Для выполнения съемки рельефа дна и обслуживания средств навигационного оборудования (СНО) требуется использование специализированных гидрографических судов арктических ледовых



классов. Наличие льда и угроза столкновения с плавающими льдинами накладывают существенные ограничения на скорость выполнения съемки подводного рельефа и обслуживания СНО. Ледовые условия приводят к существенному сокращению сроков полевых работ по НГО. Значительная межгодовая и межсезонная изменчивость характеристик льда и ледового покрова, кроме того, влечет за собой соответствующие изменения сроков начала и продолжительности периода полевых работ.

Общая площадь морей акватории СМП (Карское море, море Лаптевых, Восточно-Сибирское и Чукотское моря) составляет 3 млн. 53 тыс. км<sup>2</sup> [6]. Для того чтобы обследовать такую площадь системой параллельных галсов с междугалсовым расстоянием, равным 250 м, необходимо выполнить более 12 млн. лин. км промера. Для выполнения съемки рельефа дна на участках акватории СМП, подлежащих площадному обследованию в соответствии с требованиями действующих международных стандартов [7], необходимо выполнить несколько миллионов линейных километров промера.

С учетом вышеперечисленных факторов и относительно малой продолжительности навигационного периода производительность одного судна, задействованного только для выполнения съемки подводного рельефа арктических морей без отвлечения на другие виды работ по НГО, не превышала, как правило, 15–20 тыс. лин. км промера за одну навигацию. При такой производительности работ только для приведения гидрографической изученности подводного рельефа арктических морей в соответствии с требованиями действующих международных стандартов потребуются задействовать современный флот не менее чем из 10 гидрографических судов в течение нескольких десятилетий.

## 2. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ СОЗДАНИЯ СОВРЕМЕННОЙ СИСТЕМЫ НГО В АКВАТОРИИ СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ

Одним из важнейших направлений и результатов активного освоения арктических морей России в XX в. явилось создание системы НГО в акватории СМП.

Несмотря на многовековую историю русских полярных исследований, начало которых обычно относят к XI–XIII в. – плаваниям поморов вдоль южного побережья Карского моря [8], которые послужили основанием идеи практического использования Северо-Восточного прохода, к началу 30-х гг. XX в. изученность арктических морей в гидрографическом отношении и обеспеченность их средствами навигационного оборудования находились на низком уровне. К 1933 г. на арктические моря от Новой Земли до Берингова пролива имелось всего 56 навигационных морских карт, из которых 44 карты – для Карского моря с Обь-Енисейским районом, 5 карт – для моря Лаптевых и Восточно-Сибирское, 3 карты – для Чукотского моря и 4 карты – для северной части Берингова моря [9]. Коллекция карт охватывала только прибрежные части морей. Подводный рельеф изображался отметками глубин и изобатами с частыми пропусками. В Карском море, включая устьевой участок р. Енисей, насчитывалось 187 навигационных знаков, в том числе 34 светящихся. К востоку от мыса Челюскин на протяжении двух третей всей трассы СМП действовал лишь 21 несветящийся навигационный знак. Это свидетельствовало о том, что в гидрографическом отношении относительно освоенным был западный участок СМП до о. Диксон, а остальная часть была фактически лишь разведана. Отсутствовали специализированные исследовательские суда, система подготовки кадров и инфраструктура, необходимая для освоения СМП. Однако многолетний опыт и достижения полярных исследователей и моряков и, главное, понимание на высшем государственном уровне роли и значения Арктики для развития страны в начале 30-х гг. XX в., положили начало становлению современной системы НГО СМП.

В современной истории гидрографических исследований арктических морей, картографирования подводного рельефа и создания системы НГО акватории СМП можно выделить четыре основных этапа [10]: I – начало 30-х – конец 50-х гг. XX в.; II – конец 50-х – конец 60-х гг. XX в.; III – начало 70-х – конец 80-х гг. XX в.; IV – начало 90-х гг. XX в. – настоящее время.

### 2.1. Становление современной системы НГО акватории СМП (I этап: начало 30-х – конец 50-х гг.)

В новейшей истории страны начало активному периоду освоения Арктики положили в 1932 г. поход ледокольного парохода «Александр Сибиряков» и ряд других экспедиций. Декретом № 1606 и Постановлением Совета Народных Комиссаров (СНК) № 1873 от 17 декабря 1932 г. было учреждено Главное управление СМП при СНК СССР (ГУСМП) [11], которому была поставлена задача: «проложить окончательно морской путь от Белого моря до Берингова пролива, оборудовать этот путь, держать его в исправном состоянии и обеспечить безопасное плавание по этому пути».

Для решения задач организации НГО плавания судов по трассам СМП в составе ГУСМП приказом от 25 июня 1933 г. № 146 было образовано Гидрографическое управление ГУСМП при СНК СССР [12], сфера деятельности которого простиралась от Новоземельских проливов на западе до Берингова пролива на востоке. Программа действий по гидрографическому изучению морей Арктики в установленном районе была принята на специальном межведомственном совещании, организованном Гидрографическим управлением ГУСМП в декабре 1933 г. с участием президента Академии наук СССР. Необходимо было осуществить ширококомандное развертывание гидрографических работ в сложной природной обстановке (продолжительная зима с низкими температурами, короткая навигация при наличии мощных льдов на значительной части морей), организовать слаженно действующую службу вдоль всей трассы СМП, технически оснастить ее и обеспечить высококвалифицированными кадрами.

Становление системы НГО потребовало решения следующих основных задач:

- создать гидрографический флот;
- развернуть высокоточную плановысотную геодезическую сеть;
- адаптировать существующие методы измерения глубин и координат к условиям Арктики;
- разработать технологию выполнения промерных работ, камеральной обработки материалов гидрографических работ и картосоставления;
- разработать перспективный план промерных работ и приступить к его реализации.

С 1934 по 1946 г. было спущено на воду 18 гидрографических судов (рис. 3). К концу 50-х гг. вдоль трасс СМП уже действовало более 1400 различных средств навигационного оборудования (рис. 4). К этому времени были выполнены



Рис. 3. Гидрографическое судно «Вихрь» (1934) во льдах Арктики

гидрографические исследования на всех крупнейших реках, впадающих в моря Северного ледовитого океана (Енисей, Хатанга, Анабар, Лена, Яна, Индигирка, Колыма). По результатам работ были уточнены и переизданы лоции и морские навигационные карты прибрежной трассы СМП.

На завершающей стадии этого периода Гидрографическое управление приступило к организационной и технологической реорганизации. Вместо малочисленных и слабо оснащенных гидрографических партий и групп, формируемых в Ленинграде и Архангельске, начала создаваться сеть стационарных арктических подразделений Гидрографического управления ГУСМП – гидрографических баз.



Рис. 4. Передний створный знак Лихачева в бухте Провидения. Установлен в 1944 г. Реконструирован в 1975 г.

В 1954 г. Главное управление СМП из подчинения Совета министров СССР переведено в подчинение Министерства морского флота СССР и последовавшим приказом Минморфлота СССР № 145 от 1954 г. Гидрографическое управление преобразовано в Гидрографическое предприятие.

## 2.2. Навигационно-гидрографическое обеспечение продленной навигации (II этап: конец 50-х – начало 70-х гг. XX в.)

Перспективы продления навигации в Арктике, обусловленные вводом в эксплуатацию в 1959 г. первого в мире атомного ледокола «Ленин», определили необходимость освоения более глубоководных трасс и картографирования районов арктических морей, удаленных от берега на десятки и сотни километров. Для решения никогда ранее не ставившихся задач была построена серия новых гидрографических судов. В состав гидрографического флота вошли исследовательские ледоколы «Петр Пахтусов» и «Георгий Седов», построенные в 1967 г. (рис. 5).



Рис. 5. Гидрографический ледокол «Георгий Седов» (1967)

Ледоколы были способны проводить гидрографические работы среди льдов северных районов арктических морей. Для выполнения всего комплекса гидрографических исследований, в том числе астрономических и топографо-геодезических работ были образованы крупные зимовочные и сезонные гидрографические экспедиции. В практику гидрографических работ активно внедрялись фазовые разностно-дальномерные радионавигационные системы «Координатор», «Рым» и

«РСВТ-1с», обеспечивавшие получение координат места судна на промере с точностью до десятков метров на удалении от берега до 200 км. Все гидрографические суда были оснащены эхолотами, которые вытеснили проволочные лоты.

Постоянно совершенствовались техника и технология промера со льда. Во многих районах Арктики этот вид промера оказывался единственно возможным. В середине 60-х гг. в арктические гидрографические подразделения поступила бурильная гидрографическая машина (БГМ), сконструированная на базе гусеничного транспортера (рис. 6).



Рис. 6. Подготовка БГМ к выполнению промера со льда после пурги

К концу этого периода вдоль арктического побережья России было завершено создание сети гидрографических баз, в которую вошли Архангельская, Диксонская, Игарская, Хатангская, Тиксинская, Колымская, Певекская и Провиденская базы Гидрографического предприятия. Продолжалось развитие системы СНО морских путей. Совершенствовалось и само оборудование, увеличивались дальность действия, рабочий ресурс, улучшались другие эксплуатационные характеристики СНО.

## 2.3. Период интенсивного развития навигационно-гидрографического обеспечения акватории СМП (III этап: начало 70-х – конец 80-х гг. XX в.)

Начало 70-х – конец 80-х гг. XX в. можно назвать периодом наиболее интенсивного развития НГО в акватории СМП. В этот период грузооборот в акватории СМП достиг максимального в XX в. значения (6,6 млн. т в 1987 г. [13]). Количество работавших в акватории СМП в течение 1987 г. судов ледового класса достигло 360 ед. Осадка судов, работающих в Арктике, возросла до 11 м. В строй были введены атомные ледоколы «Арктика» (1974), «Сибирь» (1977), «Россия» (1985), «Советский Союз» (1989), «Таймыр» (1989), «Вайгач» (1990) и «Ямал» (1992), а также серия дизель-электрических ледоколов [14]. Появилась возможность прокладывать путь для судов мористее традиционной прибрежной трассы.

Рост грузооборота и интенсивности судоходства, увеличение размеров судов и расширение зоны плавания требовали дальнейшего совершенствования НГО СМП. В 70-е гг. XX в. в состав гидрографического флота поступила серия из 15 специализированных лоцмейстерско-гидрографических судов усиленного ледового класса финской постройки, включая 10 судов типа «Дмитрий Овцын» (1970–1974 гг.) и 5 судов типа «Федор Матисен» (1976–1977 гг.) [15] (рис. 7).

Суда были оснащены двухчастотными прецизионными эхолотами, гидролокаторами переднего и кругового обзора, приемоиндикаторами радионавигационных и спутниковых навигационных систем. В конце 70-х гг. впервые в отечественной гидрографии на пяти гидрографических судах были установлены и введены в эксплуатацию автоматизированные гидрографические комплексы «Автокарта». Комплексы дали возможность выполнять в режиме реального времени сбор, регистрацию и прокладку на графопостроителе гидрографической информации в цифровой форме [9]. Выход на трассы



Рис. 7. Гидрографическое судно «Яков Смирницкий» (1977)

СМП исследовательских судов, оснащенных автоматизированными комплексами, позволил значительно увеличить объемы выполняемых работ и резко повысить их качество. В период летней навигации до 12 судов, на каждом из которых базировался гидрографический отряд из 10–12 специалистов, выполняли съемку рельефа дна арктических морей. В весенний период береговые гидрографические отряды выполняли промер со льда с применением гусеничных вездеходов.

К 1990 г. коллекция морских навигационных карт на трассы СМП и устьевые участки арктических рек с морским режимом судоходства превысила 700 адмиралтейских номеров, была создана система СНО, состоявшая из 2500 ед. СНО различных видов (рис. 8). Были отлажены организация и взаимодействие подразделений полярной гидрографии с государственными пароклествами, научно-исследовательскими институтами, проектными, конструкторскими и другими организациями, осуществлявшими деятельность в Арктике.

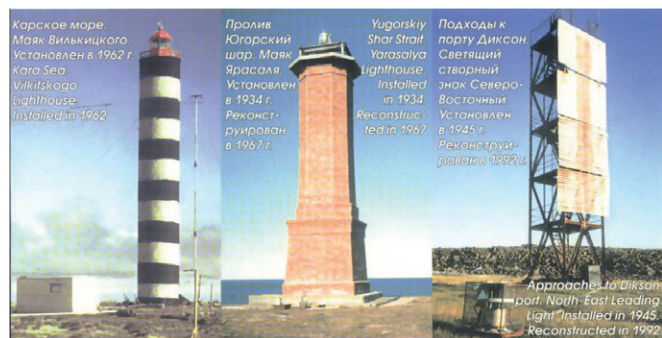


Рис. 8. Маяки и навигационные знаки СМП

В целом в течение III этапа было завершено выполнение государственной задачи, определенной Постановлением СНК СССР № 1873 от 17 декабря 1932 г. [11]: «проложить окончательно морской путь от Белого моря до Берингова пролива, оборудовать этот путь, держать его в исправном состоянии и обеспечить безопасность плавания по этому пути».

Усилиями полярных гидрографов к концу 80-х гг. XX в. в акватории СМП была создана комплексная система НГО мореплавания, осуществлявшаяся по следующим основным направлениям:

- изучение подводного рельефа арктических морей в целях издания навигационных карт, руководств и пособий для плавания;
- оборудование трасс средствами навигационного оборудования и обеспечение их работы по регламенту;
- информирование мореплавателей об изменениях навигационной обстановки;
- осуществление лоцманских проводок на реках Енисей, Хантаган, Анабар и Колыма общей протяженностью 680 мор. миль;

- осуществление мероприятий, направленных на соблюдение судами правил по предотвращению загрязнения водной среды.



Рис. 9. Лоцманское судно «Енисей» (1988)

Комплексная система НГО с развитой инфраструктурой была готова обеспечить безопасность плавания растущего полярного флота в режиме продленной и круглогодичной навигации в Западном секторе Арктики.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон РФ от 28 июля 2012 г. №132-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части государственного регулирования торгового мореплавания в акватории Северного морского пути».
2. Пересыткин В.И., Яковлев А.Н. Будущее Северного морского пути // Транспорт Российской Федерации. – 2007. – № 11. – С. 12–17.
3. Клюев Е.В., Решетняк С.В., Федоров С.Л. Навигационно-гидрографическое обеспечение мореплавания на трассах СМП // Проблемы Северного морского пути. – М.: Наука, 2006. – С. 448–481.
4. Абоносимов В.И. Искусство ледового плавания. – Владивосток: Изд-во Примполиграфкомбината, 2002 – 796 с.
5. Шацбергер Э.М. О тактике плавания во льдах Арктики // Эксплуатация морского транспорта. – 2007. – № 3(49). – С. 29–38.
6. Атлас Арктики. – М.: ГУ Геодезии и картографии при Совете министров СССР, 1985. – 203 с.
7. Standards for Hydrographic Survey (5<sup>th</sup> Ed.). – Monaco: ИНО. Special Publication № 44, 2008, 27 p.
8. История открытия и освоения Северного морского пути. – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – 510 с.
9. Решетняк С.В. 70 лет полярной гидрографии / Ред. С.В. Решетняк, В.И. Пересыткин. – СПб.: Фортэкс групп, 2003. – С. 4–32.
10. Решетняк С.В., Клюев Е.В. Навигационно-гидрографическое обеспечение арктического судоходства с начала 1930-х до конца 1960-х годов. – В кн.: История мореплавания по трассе Северного морского пути в XX и начале XXI века: Монография / А.А. Дмитриев, Ю.А. Горбунов, В.Т. Соколов. – СПб.: Изд. «Морская энциклопедия», 2015. – Т. I–Ч. I–С. 48–54.
11. Иванов Л.А. Полярной гидрографии 40 лет. – Гидрография и гидрометеорология: сб. науч. тр. ЛВИМУ. – М.: Рекламинформбюро ММФ, 1974. – С. 3–5.
12. Пересыткин В.И. Роль Главсевморпути в научном и хозяйственном освоении Северного морского пути // Водный транспорт. – 2002. – № 17–18. – С. 6–7.
13. Пересыткин В.И. Стратегия развития Северного морского пути // Сегодня – New East. – 2000. – № 5/6. – С. 20–22.
14. Яковлев А.Н. Северный морской путь России // Морской сборник. – 1995. – № 10. – С. 16–19.
15. Решетняк С.В., Клюев Е.В. Комплексная система навигационно-гидрографического обеспечения арктического судоходства в 1970–1980 гг. – В кн.: История мореплавания по трассе Северного морского пути в XX и начале XXI века: Монография / А.А. Дмитриев, Ю.А. Горбунов, В.Т. Соколов. – СПб.: Изд. дом «Морская энциклопедия», 2015. – Т. II–Ч. II–Гл. 2. – С. 199–203. ■

Продолжение следует

**В** настоящее время в Мировом океане ведутся активные работы по освоению новых нефтегазовых месторождений, проводятся работы по обслуживанию и техническому сопровождению комплексов и объектов морского базирования, таких как платформы по добыче углеводородов, судостроительные и судоремонтные верфи, морские порты и доки, транспортные суда, суда обеспечения, ветряные электростанции и прочие объекты.

При выполнении перечисленных выше задач в условиях морской качки необходимо особое внимание уделять техническим системам обеспечения безопасности личного состава.

В Морской доктрине РФ (на период до 2030 г.) предусмотрен комплекс мероприятий по обеспечению безопасности, поиска и спасения на море, в том числе своевременному созданию эффективных судовых, авиационных, глубоководных и роботизированных средств поиска и спасания, оснащению ими аварийно-спасательных служб [2]. При этом особое внимание следует уделять проведению таких мероприятий на объектах морского базирования, как транспортировка личного состава с борта на борт, погрузка/выгрузка грузов с борта на борт, эвакуация в аварийных случаях в условиях морской качки, что сопряжено с риском для жизни и здоровья человека.

В данной статье рассмотрим роботизированное средство, обеспечивающее безопасность личного состава при несении вахты на объектах морской техники, а также при эвакуации терпящих бедствие людей в аварийных случаях на море.

На сегодняшний день транспортировка и пересадка личного состава на морские объекты осуществляется в основном на вертолетах и водным транспортом. При доставке людей на морские объекты вертолетом требуется посадочная площадка, благоприятные погодные условия, также в расчет принимается стоимость перелета, которая существенно выше стоимости транспортировки водным транспортом.

Использование водного транспорта позволяет осуществлять доставку на различные объекты морской техники, не имеющие посадочных площадок. В случае транспортировки по воде необходимо обеспечить безопасную пересадку личного состава и перегрузку грузов с судна на платформу или на борт другого судна в условиях морской качки.

Качка судна в большей степени определяется бортовой, килевой и вертикальной составляющей. По сравнению с бортовой и килевой качкой влияние остальных четырех видов перемещений судна незначительно. Расширение диа-

## СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОЙ ВЫСАДКИ И ЭВАКУАЦИИ ПЕРСОНАЛА ОБЪЕКТОВ МОРСКОГО БАЗИРОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ МОРСКОЙ КАЧКИ

*И.И. Зайцев, начальник сектора АО «СПМБМ «Малахит»,*

*В.С. Гагарский, аспирант,*

*А.В. Кащевский, аспирант, БГТУ «Военмех» им. Д.Ф. Устинова,*

*контакт. тел. +7(921) 440 5285, +7(921) 982 2870, +7(981) 833 0027*

пазона уровня допустимой качки непришвартованного судна, а также боковой ветровой нагрузки может существенно увеличить безопасность проведения работ, выполняемых в таких условиях.

Для обеспечения безопасной высадки персонала на объекты морского базирования в условиях качки и эвакуации с них предлагается использовать многофункциональный робот-манипулятор, устанавливаемый на палубе непришвартованного судна, предназначенный для выполнения ряда задач. С его помощью возможны:

- 1) пересадка, эвакуация, спасение личного состава (вахтовые бригады рабочих буровых платформ, специальные группы, выполняющие спасательные операции, включая борьбу с террористами);
- 2) перегрузка грузов, включая перезагрузку боекомплекта судов ВМФ с борта корабля-базы без возвращения в базу, а выполняя операцию непосредственно в море;
- 3) стыковка разъемов различных систем энергообеспечения;
- 4) проведение работ по обследованию, техническому обслуживанию и внешнему ремонту борта соседнего судна;
- 5) повышение эффективности работ по пожаротушению судна, терпящего бедствие;
- 6) десантирование или эвакуация личного состава и грузов на борт судна с вертолета без его посадки на судно;
- 7) прочие виды работ.

На сегодняшний день существуют зарубежные технические решения [6–

8], компании «Ampelmann» и «Uptime» разработали специальные платформы стабилизации качки (рис. 1).

Необходимо разрабатывать отечественные системы, обеспечивающие безопасность высадки и эвакуации персонала объектов морского базирования в условиях морской качки с характеристиками, не уступающими зарубежным аналогам.

Механизмы параллельной структуры, как правило, содержат выходное звено, соединенное с основанием при помощи нескольких кинематических цепей сходного строения. Каждая кинематическая цепь состоит из нескольких подвижно соединенных звеньев, приводимых в движение однотипными ротационными или телескопическими приводами. Манипуляционное устройство, содержащее в своем составе параллельный механизм, по сравнению с манипулятором, имеющим последовательное строение, обладает следующими достоинствами: высокими жесткостью, точностью, равномерным распределением нагрузки, высокой грузоподъемностью. Кроме того, они имеют приводные элементы единого типа, идентичные информационные элементы, а динамику для каждого звена исполнительного механизма описывает универсальный вид уравнений [1].

В самом общем виде все механизмы с параллельной кинематикой можно разделить на группы по числу степеней свободы выходного звена, виду привода, типу управления и области применения (рис. 2).

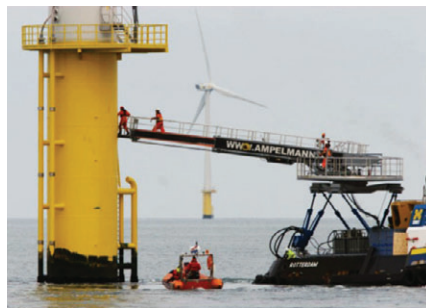


Рис. 1. Платформы стабилизации качки компаний «Ampelmann» (а) и «Uptime» (б)

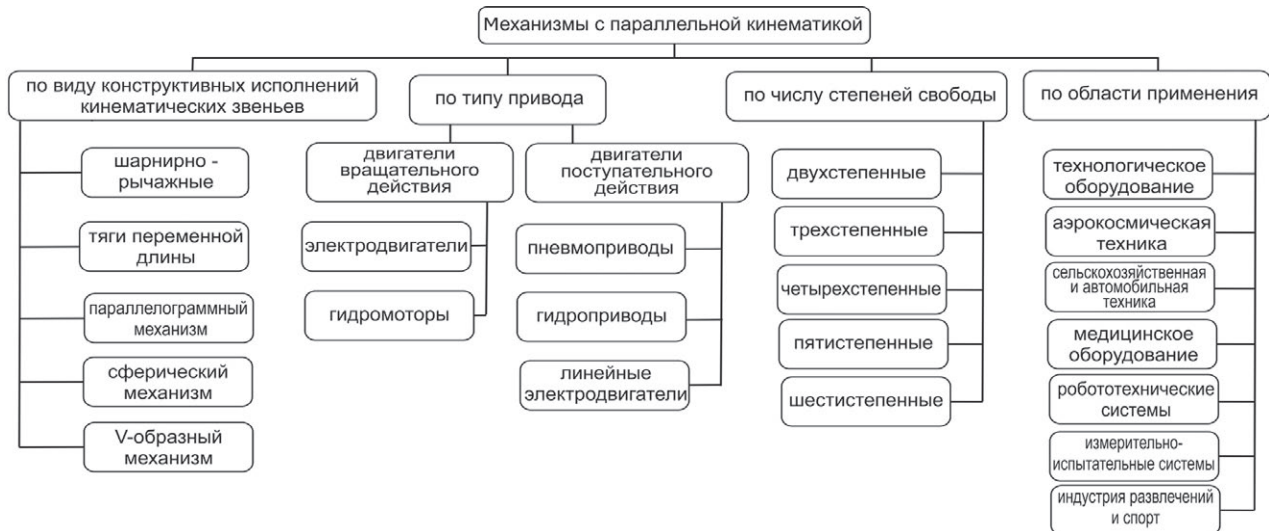


Рис. 2. Классификация механизмов с параллельной кинематикой

При управлении манипуляторами параллельной структуры с шестью степенями свободы задающие воздействия формируются по шести координатам (три линейных перемещения и три вращения) одновременно. Подвижная платформа может принимать различную пространственную ориентацию и одновременно смещаться в системе координат неподвижного основания. Управление механизмом может происходить при одновременном изменении длин тяг в телескопических приводах или углов поворота в ротационных приводах (рис. 3) [4].

Платформа Стюарта имеет оптимальные геометрические параметры, устойчивую, надежную конструкцию и универсальную компонентную составляющую (опоры платформы – одинаковые элементы). Платформа Стюарта популярна во многих сферах промышленности.

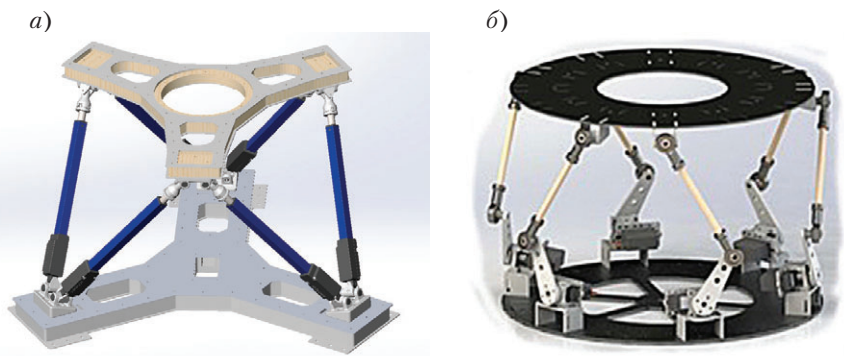


Рис. 3. Платформа Стюарта на линейных телескопических приводах (а) и на ротационных приводах (б)

Данную конструктивную схему предлагаем использовать для стабилизации платформы, размещаемой на судне, и обеспечения безопасности личного состава при выполнении работ в условиях морской качки как оптимальную и универсальную, учитывая движение

объекта, а также возможность позиционирования и стабилизации для стыковки с морским объектом.

Платформа стабилизации имеет шесть степеней свободы: перемещения платформы стабилизации по трем координатам и трем углам.

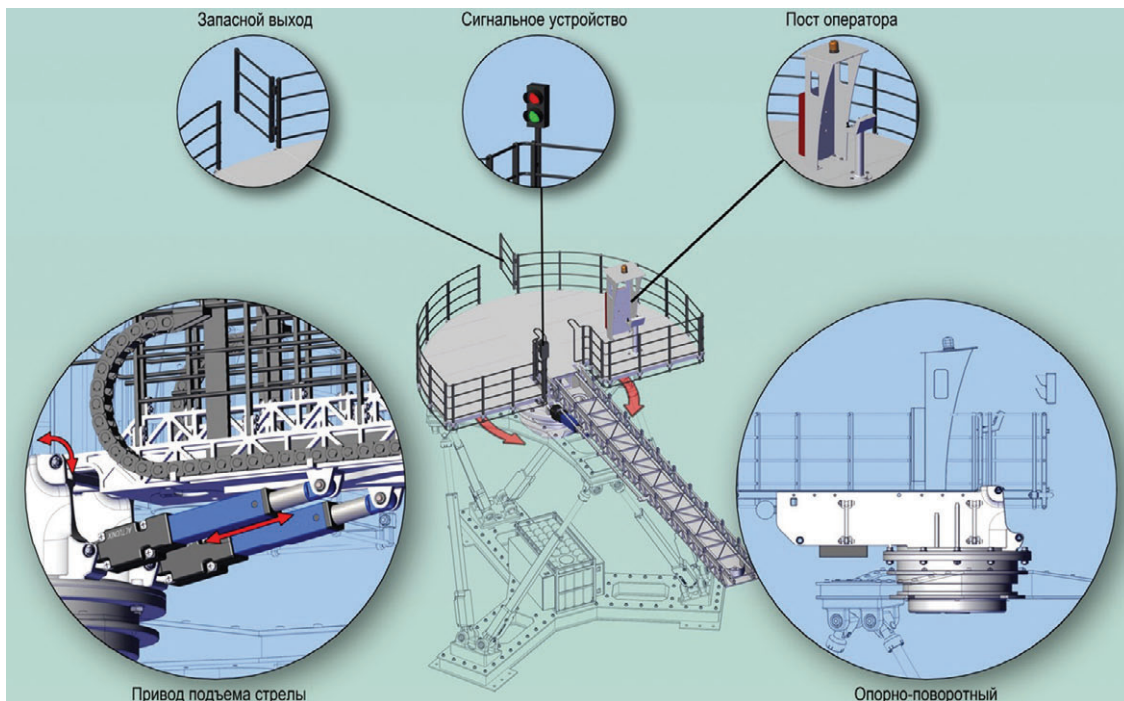


Рис. 4. Составные блоки вращающейся части платформы

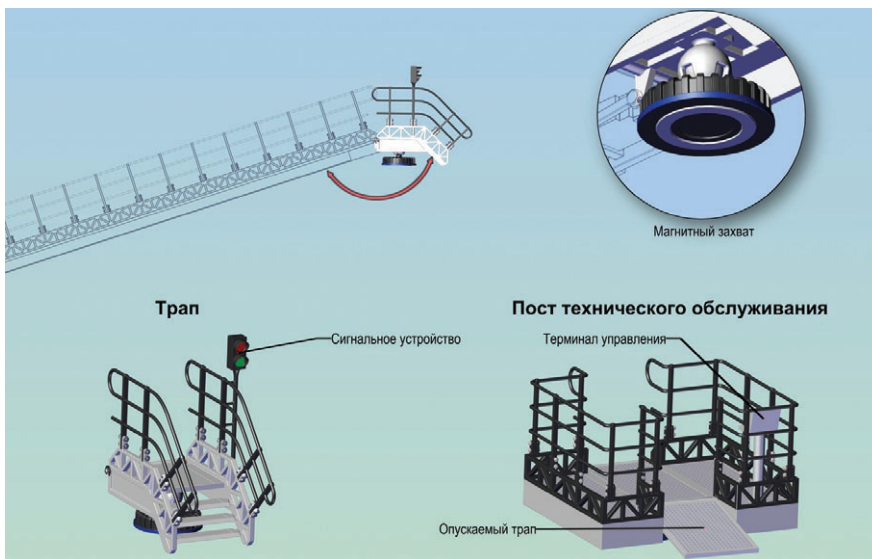


Рис. 5. Рабочие площадки

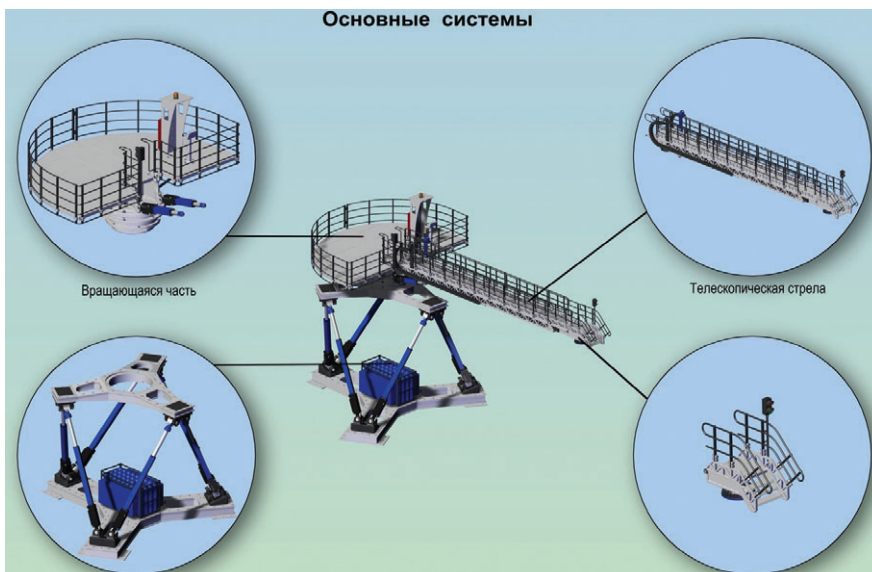


Рис. 6. Общий вид морского робота-манипулятора

На этой платформе установлено опорно-поворотное устройство с приводами горизонтального и вертикального наведения двухсекционной телескопической стрелы с механизмом выдвижения. На рис. 4 представлена вращающаяся часть с приводом подъема стрелы и опорно-поворотным механизмом. На поворотной башне размещаются пост оператора, сигнальное устройство, запасной выход и прочее оборудование.

Вращающаяся часть обеспечивает дополнительно две степени свободы по двум углам: вращение вокруг собственной оси на 360°, а также подъем и опускание стрелы.

Рабочие площадки показаны на рис. 5.

Выдвижение и убирание стрелы, а также привод горизонтирования рабочей площадки обеспечивают две дополнительные степени свободы.

Используя все перечисленные звенья, можно получить морской робот-манипулятор с десятью степенями свободы.

На рис. 6 представлен общий вид морского робота-манипулятора.

Многофункциональный робот манипулятор морского базирования (МРМ) относится к системам военного, специального и двойного назначе-

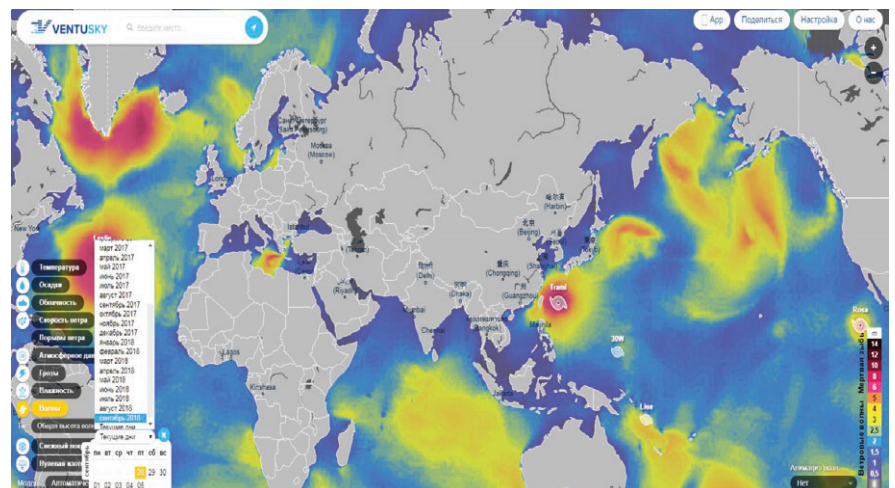


Рис. 7. Распределение волн по высоте в Мировом океане

ния, устанавливается на палубе корабля и предназначена для выполнения в условиях морской качки пересадки, эвакуации и спасения личного состава, перемещения грузов, выполнения монтажных и ремонтных работ надводных объектов, оказания помощи при пожаротушении.

Проектирование морского роботоманипулятора для стабилизации качки моря ведется с учетом реальных потребностей ее компенсации при высоте волны от 0 до 2 м (наибольшая зона покрытия Мирового океана, рис. 7).

Распределение волн учитывается на базе данных непрерывного on-line-мониторинга с [3]. В ходе дальнейшего исследования предполагается расширить диапазон допустимой качки моря.

Основные этапы работы МРМ в условиях морской качки:

- судно в пути – остановка у объекта;
- подготовка к работе – подъем платформы – изменение угла стрелы (рис. 8);
- разворот башни – включение системы стабилизации качки (рис. 9);
- выдвижение стрелы – стыковка с объектом – система стабилизации качки включена (рис. 10).

На конце стрелы может устанавливаться дополнительное навесное оборудование: площадка приема/высадки личного состава; контейнер для перемещения груза; рабочее место пожарного расчета; рабочее место бригады обслуживания.

Компенсации бортовой качки осуществляется посредством перемещений платформы стабилизации и телескопической стрелы (рис. 11).

Задача стабилизации решается на основании данных, поступающих от инерциальной и оптической систем, определяющих взаимное положение стыкуемых объектов. Инерционная система позиционирования функционирует на основании поступающих сигналов от датчиков положения, угловых скоростей и ускорений.

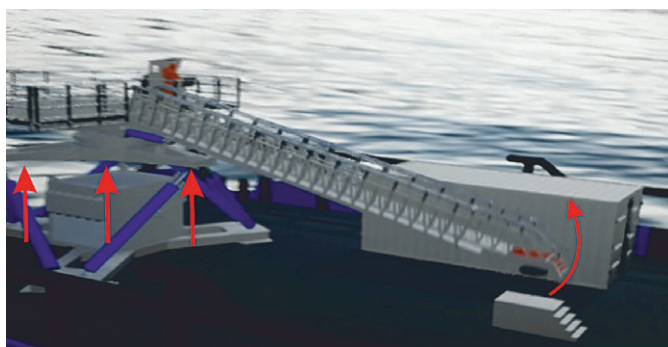


Рис. 8. Подготовка к работе – подъем платформы – изменение угла стрелы

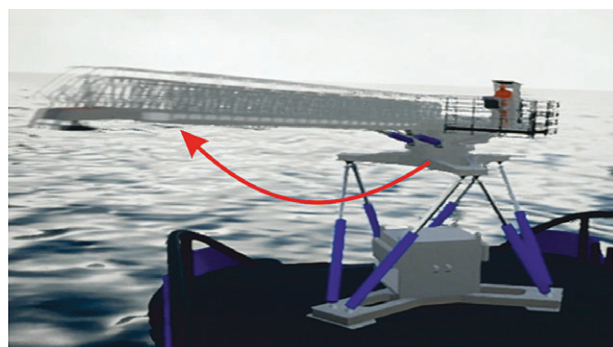


Рис. 9. Разворот башни – включение системы стабилизации

Заключительный этап работы робота-манипулятора состоит из возврата в исходное положение, убирания стрелы, поворота башни, отключения стабилизации, выравнивания платформы с основанием, опускания платформы на основание, опускания стрелы, фиксации и отключения питания [5].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обосновано использование механизмов параллельной структуры как наиболее оптимального для решения задач компенсации качки моря. Предложен вариант МРМ, обеспечивающего стабилизацию качки моря с десятью степенями свободы. Перечислены основные этапы работы МРМ в условиях морской качки, разработан макет МРМ.

По результатам проектирования изготовлен и собран экспериментальный стенд МРМ, расположенного на платформе Стюарта (масштаб 1:10) (рис. 12), предназначенный для отработки технологии проектирования масштабируемых макетов, системы управления

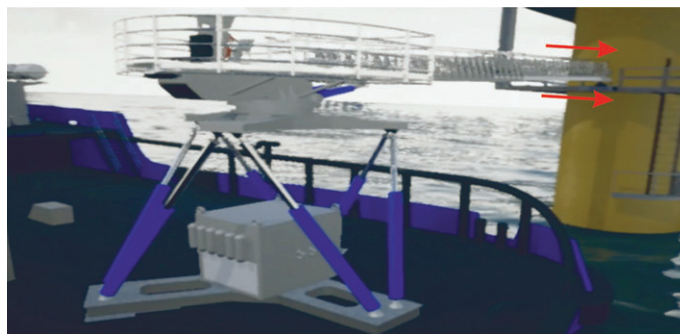


Рис. 10. Выдвижение стрелы – стыковка с объектом

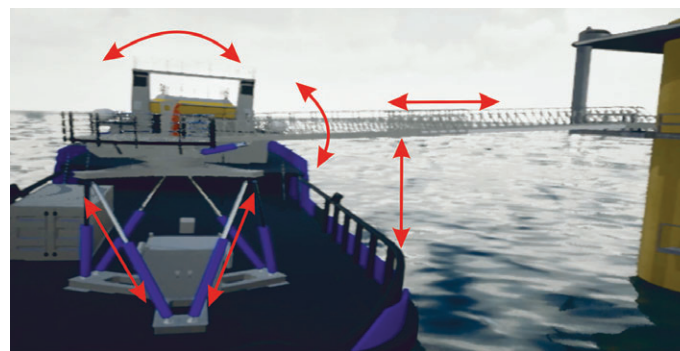


Рис. 11. Фрагмент компенсации качки моря



Рис. 12. Стенд морского робота-манипулятора

всеми приводами, анализа компенсации задаваемых воздействий, определения основных ограничений.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Гапоненко Е.В. Динамика управляемого движения робота-трипода с шестью степенями подвижности. – Дисс. на соискание уч. степени канд. техн. наук, Белгород, 2014.
2. Распоряжение Правительства РФ от 8 декабря 2010 г. №2205-р, Москва.
3. <https://www.ventusky.com>.
4. Гагарский В.С., Зайцев И.И., Поляков Г.А. Система управления движением манипулятора на базе платформы Стюарта. – В кн. «Старт в будущее–2017», СПб.: Изд. АО «КБСМ», 2017.
5. Зайцев И.И. Синтез системы стабилизации ориентированной на решение задач эксплуатации комплексов морского базирования, обеспечения безопасности и ликвидации последствий аварий. – СПб.: БГТУ «Военмех» им Д.Ф. Устинова, 2018.
6. [www.ampelmann.nl/systems](http://www.ampelmann.nl/systems)
7. [www.offshorewind.biz](http://www.offshorewind.biz)
8. [www.uptime.no](http://www.uptime.no) ■

**25** августа 2018 г. на о. Гогланд в рамках экспедиции Центра подводных исследований Русского географического общества и Министерства обороны России «Гогланд–2018» прошла выездная научно-практическая конференция «Балтика – территория эффективных решений».

Она была организована центром подводных исследований Русского географического общества (далее – ЦПИ РГО) – гражданской организации, которая самостоятельно занимается не только подводно-техническими работами, но также поиском и раскопками культурного наследия, скрытого в морских глубинах, его последовательной консервацией и музеефикацией в соответствии с буквой и духом закона.

Конференция стала той площадкой, на которой за «круглым столом» собрались представители военно-морского флота, Пограничного управления Федеральной службы безопасности, Федеральной службы войск национальной гвардии РФ, МЧС России.

Открывая заседание «круглого стола», исполнительный директор ЦПИ РГО – заместитель начальника Экспедиционного центра Министерства обороны С. Г. Фокин отметил, что подводная среда – новая территория, и она переживает стадию активного исследования. Такая «живая система» требует особого подхода.

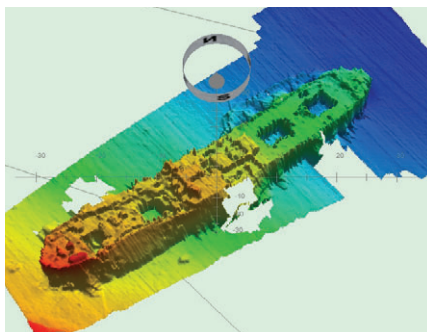
Целью конференции стало предложение ЦПИ РГО по формированию единого экспертного и информационного пространства в сфере исследований акваторий страны и изучения затонувших объектов культурного наследия при взаимодействии всех силовых и профильных ведомств с исследовательским сообществом. Важность этого взаимодействия заключается в том, что в подводной сфере задачи многих ведомств зачастую между собой перекликаются и дополняют друг друга. Для формирования этого взаимодействия необходимо описать правила, а также сформулировать механизм их корректировки и модификации по результатам совместной работы.

Также во время конференции обсуждались и другие значимые вопросы, касающиеся действующей нормативно-правовой базы в области исследований, охраны, учета и контроля объектов культурного наследия, организации и проведения подводных работ; проблемы системной подготовки узкопрофильных специалистов; проекта создания единого информационного банка обследованных акваторий с обнаруженными объектами, их координатами и классификацией, разработанного ЦПИ РГО.

За «круглым столом» участники конференции было отмечено, что на сегодняшний день единая методика прове-

## БАЛТИКА – ТЕРРИТОРИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ

АНО «Центр подводных исследований Русского географического общества»,  
контакт. тел. (812) 327 4505



**Германский грузовой пароход «Фрида Гурн» 1900 г. постройки. Изображение многолучевого сонара (3D модель)**

дения работ под водой, в том числе и на объектах культурного наследия, нормативно не закреплена. Также участники конференции пришли к общему мнению, что не выработана единая методика организации и проведения межведомственных мероприятий в области донных исследований.

Немало говорилось и о культурном наследии, ведь морские глубины – не только источник новых знаний, ресурсов и квадратных километров, ждущих освоения, но и кладовая культурного и природного наследия страны. Говоря об изучении объектов, представляющих историческую ценность, участниками конференции был затронут вопрос безопасности как самих объектов, так и исследователей. Особенно было подчеркнуто, что любая работа, связанная с погружениями, будь то техническая задача, спуск к историческому объекту или аппаратное обследование района, всегда имеет дополнительные эффекты: от наращивания компетенций и отработки новых методик, оборудования до попутного обнаружения ранее неизвестных, зачастую опасных объектов.

Задача конференции – как раз вычленив и использовать во благо эти самые дополнительные эффекты, наладить обмен информацией, результатами для более стабильного и эффективного решения основных задач. Реализация задуманных механизмов сможет дать ощутимый толчок в исследовании подводных территорий страны, повысить их безопасность и сохранить природные и культурные богатства, находящиеся под водой.

Участники конференции также выразили озабоченность вопросом подготовки кадров. Они выразили надежду на появление и развитие в дальнейшем нового направления подготовки «подвод-

ных специалистов» в высших учебных заведениях. С.Г. Фокин рассказал о детском образовательном проекте «Океанавтика», реализованном ЦПИ РГО совместно со Всероссийским детским центром «Орленок», в ходе которого воспитанники получают практические навыки и узнают больше о профессии.

ЦПИ РГО предложило создать общую карту скрытых под водой объектов Балтики, которая будет интерактивной он-лайн базой, состоящей из самой карты, съемок многолучевым эхолотом и гидролокатором бокового обзора, видео и фотографий. Предлагаемая карта будет доступна силовым ведомствам и профессиональному сообществу. Такая наглядная иллюстрация дна Балтики позволит рационально использовать имеющиеся силы и средства, а также сохранять безопасность памятников культурного наследия. Для археологов сократится объем работы и будет решен вопрос пополнения научной базы.

По итогам практической конференции «Балтика – территория эффектив-



**Встреча представителей военных ведомств и специалистов Центра подводных исследований РГО на внешних островах Финского залива 25 августа 2018 г.**

ных решений» было предложено сформировать межведомственную рабочую группу обеспечения взаимодействия в сфере подводных исследований, а также продолжить работу по созданию единого информационного банка обследованных акваторий и разработать проект регламента информационного обмена между взаимодействующими ведомствами.

По завершении конференции участники «круглого стола» познакомились с археологическими находками на английском кече XIX в. – поднятыми фарфоровыми сервизами с росписью и фаянсовой посудой, посетили то место, где затонул парусно-винтовой фрегат «Олег» (на данном участке велась работы с помощью ОПА С-Explorer). ■



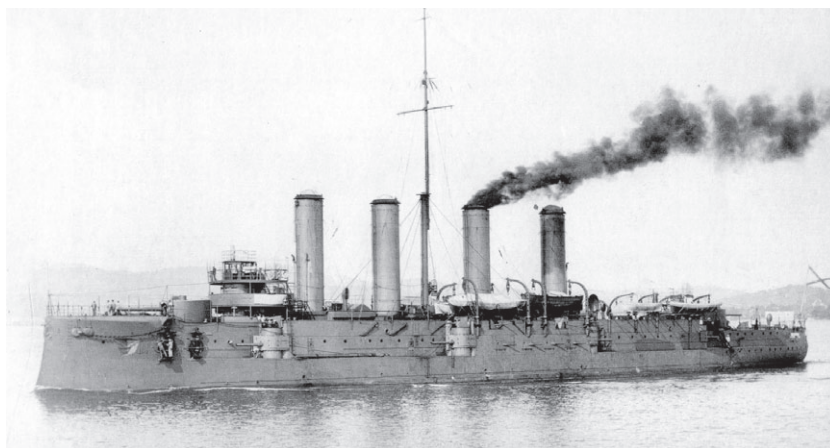
**В**одном из делопроизводств Морского генерального штаба (МГШ) хранится короткая записка без даты, на полях которой сверху справа имеются две карандашные отметки: «22 января 09 г.» и «Секретно»: «Наш Балтийский отряд принял деятельное участие в оказании помощи пострадавшему населению города Мессины. Начальник отряда, несомненно, подробно донесет Морскому министерству о действиях отряда, я же со своей стороны считаю долгом донести об этих действиях с точки зрения того впечатления, которые они произвели в Италии». Далее следовало обширное донесение в МГШ военноморского агента (атташе) в Италии и в Австрии капитана 2 ранга Д. В. фон Дена, благодаря которому в Петербурге стало известно о страшном бедствии, постигшем один из оживленных городов Сицилии – Мессину, и о том, какую роль в этих событиях сыграли российские моряки.

Итак, что же произошло в тот роковой день 16 (29) декабря 1908 г.? Землетрясение разразилось в 5 ч 20 мин. утра, когда многие жители города еще спали. В считанные минуты Мессина, Реджио, Калабрия и несколько населенных пунктов и деревень по берегам Мессинского пролива были полностью разрушены, большая часть населения погибла, многие оказались под завалами и под обрушившимися зданиями. Как раз в это время на Сицилии, в порту Аугуста, стоял на якоре отряд российских судов, начальнику которого командир порта сообщил о случившемся.

Балтийский отряд судов начал подготовку к заграничному плаванию в мае–июне 1908 г.; задачей ставилось практическое обучение гардемарин, включая отработку учебных стрельб. Первоначально командиром отряда император Николай II назначил контр-адмирала А. А. Эбергарда, учитывая, что

## ПЛАВАНИЕ В ИТАЛИЮ, ВОЩЕДШЕЕ В ИСТОРИЮ К 110-ЛЕТИЮ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ В МЕССИНЕ И ОКАЗАНИЯ ПОМОЩИ НАСЕЛЕНИЮ ГОРОДА РУССКИМИ МОРЯКАМИ

*Г.А. Гребеницкова, д-р истор. наук, историограф  
Санкт-Петербургского Морского Собрания,  
контакт. тел. (812) 312 5396*



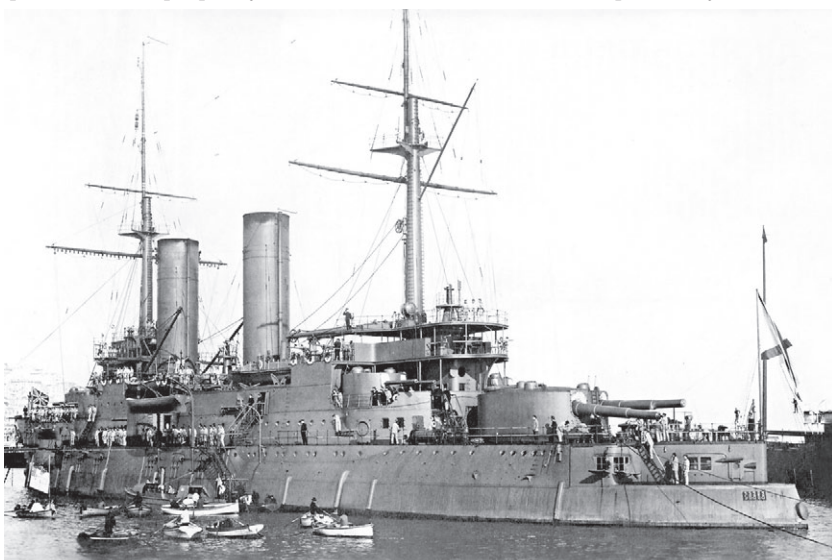
*Броненосный крейсер «Адмирал Макаров», 1908–1909 гг.*

в прошлом, 1907-м, году он успешно выполнил первую, подготовительную, программу обучения гардемарин, разработанную вначале «для опыта». В 1908 г. Морское министерство с санкции императора решило повторить заграничное плавание и направило в МИД России запрос на предмет того, не возникнут ли какие-либо возражения со стороны итальянского правительства, если российские суда будут находиться в Сиракузах в течение месяца. Вскоре в Петербург из посольства в Риме пришла телеграмма: «Итальянское правительство не встречает препятствий к заходу и пребыванию нашей эскадры в итальянских водах, присовокупляя, что по

качеству порта Аугуста считается лучше Сиракуз». Руководство Италии рекомендовало порт Аугусто по причине имевшегося там «хорошего большого рейда, закрытого от ветров, удобного для всевозможных рейдовых учений и производства артиллерийских стрельб».

После согласований обоих министерств – МИД и Морского – с МГШ и окончательно с императором маршрут следования эскадры определили следующий: Ливава–Портсмут–Виго–Бизерта–порт Аугуста–Алжир–Гибралтар–Канарские острова–Виго–Киль–Ливава. 14 июля 1908 г. Николай II изменил решение о начальнике отряда и отдал приказ о передаче командования контр-адмиралу В. И. Литвинову. В состав Балтийского отряда вошли линейные корабли «Цесаревич» (флагманский, командир капитан 1 ранга П. Любимов и «Слава» (командир капитан 1 ранга Э. Кетлер), крейсера «Олег» (командир капитан 1 ранга Гирс) и «Богатырь» (командир капитан 1 ранга Н. Петров). Всего на их борту находилось 2458 человек, среди них 176 человек гардемарин и юнкеров.

Отряд вышел из Кронштадта 6 сентября 1908 г. По пути следования в Ливаву, у маяка Стейнорта, на глубине около 18 футов крейсер «Олег» приткнулся к мели, и пока проводились работы по снятию его с мели, из порта Александра III к эскадре направили крейсер «Адмирал Макаров», установив на него минные аппараты и прицелы, а для испытания подводных аппаратов срочно подготовили водолазную партию. При-



*Броненосец «Слава» в Неаполе, декабрь 1908 г.*

няв часть команды с «Олега», «Адмирал Макаров» (капитан 1 ранга В. Пономарев) вышел из Либавы в Портсмут.

Во время стоянки на Спитхедском рейде Портсмута командир «Адмирала Макарова» и офицеры наносили визиты начальнику английской эскадры, находившемуся на броненосце «Dreadpouhth», мэру города и другим лицам, посетили Морское Собрание и «всюду отмечали любезность и приветливость англичан». По пути следования от Портсмута крейсер заходил в порт Виго, салютовал крепости 21 выстрелом, на что получил ответный салют тем же количеством. В целом плавание до берегов Сицилии всего Балтийского отряда прошло благополучно.

В декабре 1908 г. российские суда стояли в порту Аугусто и готовились к продолжению выполнения учебной программы. Получив известие о произошедшем землетрясении, начальник отряда контр-адмирал В. И. Литвинов приказал немедленно сниматься с якоря и следовать в Мессину. Утром 16 (29) декабря «Цесаревич», «Слава» и «Адмирал Макаров» вышли из Аугусто, оставив там крейсер «Богатырь», не успевший завершить погрузку угля; через несколько часов «Богатырь» проследовал за остальными судами. По приходе в порт команды смогли воочию убедиться в масштабах разрушения и срочно приступили к оказанию помощи пострадавшим. Важно подчеркнуть, что за несколько часов до появления в Мессине Балтийского отряда в пролив вошел английский крейсер, но первыми на берегу в зоне бедствия оказались именно российские моряки. Военный атташе Д. В. фон Ден докладывал: они немедленно «приступили к работам по спасению заваленных обломками, стоны



Мессина, 28 декабря 1908 г.

которых раздавались во всех направлениях. Была организована медицинская помощь устройством на берегу перевязочных пунктов, а также свезены для раздачи голодающему населению вода и провизия. До прихода отряда в Мессине находилось лишь несколько итальянских миноносцев и малый крейсер *Piemonte*, перевозившие раненых и оставшихся в живых жителей в ближайшие уцелевшие места побережья. Людям нашего отряда приходилось работать совершенно самостоятельно, без всяких указаний местного начальства, большинство которого погибло. И лишь спустя некоторое время, в то же утро пришел в Мессину итальянский легучий отряд судов, состоящий из трех броненосцев типа *Vittorio Emanuel*, который накануне вышел из Палермо в заграничное плавание и был остановлен и возвращен приказанием, переданным по беспроволочному телеграфу».



Разрушенная Мессина

Действительно, первую помощь, оказанную жителям Мессины экипажами русских кораблей, трудно переоценить: в течение суток они спасли около 1000 человек, рисковали собственной жизнью, извлекая из-под обломков живых, перевязывали раненых и относили их к шлюпкам. При этом нельзя забывать, что в отряде находились гардемарины, т. е. фактически дети, которые при спасении людей выполняли свой долг наравне с офицерами и матросами. Контр-адмирал В. И. Литвинов докладывал в Морское министерство: размеры бедствия огромны, «погибших не менее 50 000 в одной Мессине, не считая унесенных волною в море... Мессина и Реджио более не существуют... Экипажи наших судов проявили себя и в отношении человеколюбия, проявленного к раненым, которые на судах были предметом поистине трогательной заботливости со стороны офицеров, гардемарин и команды. Особенно это проявилось в отношении нижних чинов к множеству уцелевших детей самого разнообразного возраста, начиная от только что рожденных и оставшихся большей частью без родителей. Все запасы провизии с наших судов были розданы голодающему населению, офицеры и гардемарины отдали большую часть своего белья на перевязочные средства, отсутствие которых особенно ощущалось в первые дни. Спасенные люди были большей частью почти без одежды, так что при высадке их с судов приходилось снабжать их хоть как-нибудь платьем. Доктора отряда проявили удивительную неутомимость, перевязывая иногда по 1000 человек в день».

Уцелевших и раненых жителей на судах Балтийского отряда перевозили в Неаполь и Сиракузы, а оттуда доставляли в Мессину медикаменты, лекарства, воду и продукты. На «Адмирале Макарове» в Мессину прибыло несколько человек итальянцев, стремившихся

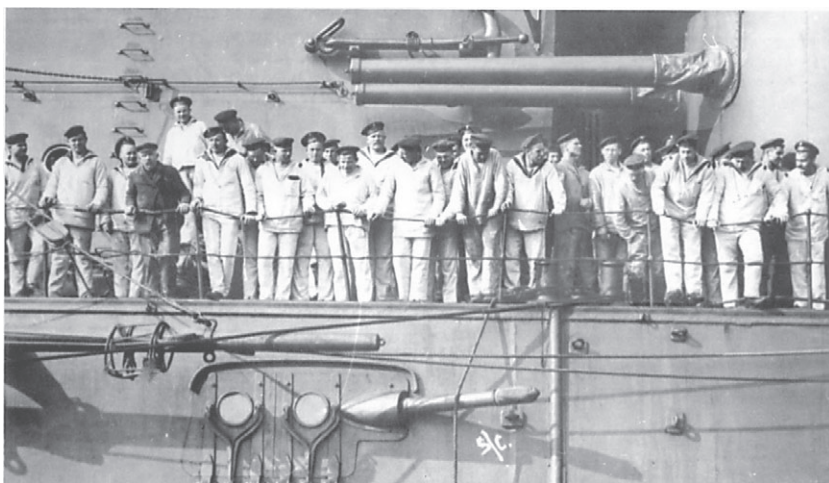
отыскать своих родственников, а также германский военно-морской атташе с целью поиска подданных Германии. За один переход российские суда брали на борт от 400 до 600 человек, которым выдавали одежду и горячее питание; за время перехода на «Славе» умерло 10 человек, которых пришлось похоронить прямо в море, на «Адмирале Макарове» — четыре.

Тем временем в Мессину стали подходить английские корабли и итальянские военные пароходы и транспорты с войсками, а 18 декабря из Неаполя на место трагедии прибыли король Виктор-Эммануил и королева Елена. Они посетили «Цесаревич» и «Славу» и выразили глубокую благодарность начальнику отряда, командирам и офицерам за их самоотверженный и благородный труд, что в тот период имело еще и важное политическое значение в укреплении отношений между Россией и Италией. В тот же день в Мессину пришли российские канонерские лодки «Гиляк» и «Корец», команды которых также занимались спасением и эвакуацией жителей.

В документах зафиксированы и такие случаи, когда морякам приходилось спасать не только жизни, но и имущество населения Мессины, защищать людей от грабежа со стороны своих же сограждан, отбирать награбленное, которое сразу же передавалось уцелевшим представителям местной власти или прибывшему из других городов и из Неаполя начальству. Например, команда с «Адмирала Макарова» спасла и сдала итальянским властям сундук Государственного банка, в котором находилось 20 миллионов лир.

По прошествии пяти дней надежды на спасение людей, находившихся столько времени под обломками, уже не оставалось, кроме того, в городе стали распространяться инфекции и такие опасные заболевания, как столбняк, черная оспа и скарлатина. Поэтому контр-адмирал В. И. Литвинов принял решение возвращаться в порт Аугусто, тем более, что 21 декабря 1908 г. (2 января 1909 г.) на рейде Мессины уже стояли восемь английских, два французских, одно германское и несколько итальянских военных и коммерческих судов.

Италия высоко оценила подвиг Балтийского учебного отряда. По словам российского военно-морского атташе в Италии фон Дена, «эта оценка выразилась в хвалебных статьях всех газет, в присылке командирам судов разных адресов, в овациях, устраиваемых адмиралу и чинам отряда при появлении их на берегу, а также в словах короля, сказанных лицам его свиты и первому министру. Можно безошибочно сказать, что на этот раз на международном поприще русские моряки заняли первое место».



*Команда броненосца «Слава»*

К своему донесению фон Ден приложил печатный приказ по Морской академии Италии от 4 января 1909 г. за подписью короля, где говорилось о героических действиях русских моряков.

После возвращения в порт Аугусто начальник отряда приказал провести тщательную дезинфекцию всех судовых помещений, а накануне Рождества получил короткую телеграмму за подписью морского министра И. М. Дикова: «Берегите команды от болезней». Благодаря своевременным мерам все остались здоровы. Простояв первый день Рождества на якоре в Аугусто, 26 декабря корабли снялись с якоря и проследовали в Александрию. Литвинов решил дать командам полноценный отдых: ежедневно отпускал на берег, разрешал ездить в Каир, заходить в кафе и магазины.

Во время стоянки в Александрии Балтийский отряд чествовала итальянская колония в Египте, которая насчитывала до четырех тысяч человек. В рапорте Николаю II В. И. Литвинов докладывал: «Ко мне явилось несколько депутатов от местных и каирских клубов, были подношения адресов и серебряных кубков». В театрах Александрии устраивались спектакли для офицеров, гардемарин и всей команды, а также рауты и балы для офицерского состава. Литвинов подчеркнул: «Одна из депутатов, явившихся ко мне на корабль, состоявшая из 60 человек, представителей самых разнообразных партий, на предложенном мною завтраке пила единодушно здоровье и благоденствия Вашего Императорского Величества и аплодировала нашему гимну».

Управляющий итальянским консульством в Александрии г-н Джанноли сказал, что, отдавая дань памяти жертвам землетрясения, колония считает целесообразным не проводить шумных мероприятий и ограничиться в основном театральными постановками. На спектакли приглашали как офицеров, так и нижних чинов, причем по распо-

ражению консула буфет устроили бесплатно и специально заказали русские флаги. Из российского консульства сообщили в МИД: «Дисциплина и хорошее поведение наших моряков вызвали всеобщие похвалы и удивления: несмотря на бесплатное угощение и даровое шампанское, щедро предлагаемое нашим матросам, между ними не было ни одного случая пьянства. Это было тем более приятно, что несколько сильно напившихся офицеров оккупационной армии в форме вели себя в театре весьма безобразно, и контраст между ними и русскими моряками не прошел незамеченным, а наоборот, сильно комментировался». Действительно, пока отряд находился в Александрии, ежедневно на берег сходило свыше 800 человек, и за это время на улицах города местные жители не встречали ни одного пьяного русского матроса, не произошло ни одного эксцесса, ни одной драки. Начальник полиции говорил, что он «никогда не видел такой дисциплинированной, трезвой и спокойной команды», и что у полиции часто не хватало сил, чтобы утихомирить бушевавших английских и американских матросов.

3 января нового 1909 г. на флагманский «Цесаревич» прибыла депутация от местного «Общества Итальянских Отставных Военных» в количестве 16 человек во главе с председателем общества г-ном Бьянки. Они преподнесли эскадре большой серебряный кубок, обвитый шелковым итальянским флагом. На кубке была выгравирована надпись: «Ai prodi Marinai Russi, eroici soccorritori nelle terre desolate di Sicilia e Calabria». На следующий день, в воскресенье 4 января, контр-адмирал Литвинов принимал еще одну депутацию в составе 45 человек. Один из депутатов, известный адвокат Калуччи, преподнес ему роскошно переплетенный альбом с подписями всех четырех тысяч членов итальянской общины в Египте. После устроенного на корабле завтрака на «Цесаревиче»

взвился итальянский флаг и прозвучал гимн Италии. 8 января 1909 г. Балтийский отряд покинул Александрию.

Европейское и мировое сообщество долго обсуждало произошедшие события, резонанс от которых оказался очень сильным. Центральные газеты выражали мнение большинства: землетрясение в Мессине по масштабности трагедии может сравниться лишь с Русско-японской войной или даже превосходить ее. В 1910 г. посол Италии в России обратился с официальным запросом в российский МИД предоставить ему точные списки командиров судов, офицеров, унтер-офицеров и докторов, принимавших участие в спасении жителей Мессины и Калабрии. Вскоре посол получил такие данные: в спасательных операциях населения городов Мессины и Калабрии приняли участие личного состава Балтийского отряда: 113 офицеров, 164 гардемарина, 42 кондуктора, 2559 нижних чинов; с канонерских лодок «Гиляк» и «Кореец»: 20 офицеров, 4 кондуктора и 260 нижних чинов. С линкора «Цесаревич» участвовало 49 гардемарин, 13 кондукторов, 131 унтер-офицер и 623 рядовых; с линкора «Слава»: 48 гардемарин, 13 кондукторов, 102 унтер-офицера и 647 рядовых. С крейсера «Богатырь»: 35 гардемарин, 12 кондукторов, 84 унтер-офицера и 455 рядовых; с крейсера «Адмирал Макаров»: 32 гардемарина, 4 кондуктора, 76 унтер-офицеров и 441 рядовой. С канонерской лодки «Кореец»: 2 кондуктора, 23 унтер-офицера и 104 человека рядовых. С канонерской лодки «Гиляк»: 2 кондуктора, 20 унтер-офицеров и 113 рядовых.

По распоряжению итальянского правительства были представлены к наградам:

- начальник Балтийского отряда судов контр-адмирал В. И. Литвинов – получил Большой крест ордена Итальянской короны;
- флаг-капитан, капитан 2 ранга Казимир Порембский – командорский крест Св. Маврикия и Лазаря;
- флагманский врач, действительный статский советник, доктор медицины Александр Бунге – большой офицерский крест ордена Итальянской короны.

С линкора «Цесаревич» к наградам представлены:

- командир, капитан 1 ранга Павел Любимов – командорский крест Св. Маврикия и Лазаря;
  - старший врач, коллежский советник Николай Новиков – командорский крест Св. Маврикия и Лазаря;
  - младший врач, коллежский ассистент Адам Шишло – офицерский крест.
- С линкора «Слава»:
- командир, капитан 1 ранга Эдуард Кетлер – командорский крест;



**Броненосец «Цесаревич»**

- старший врач, коллежский советник Евгений Емельянов – командорский крест;
  - младший врач, коллежский ассистент Евгений Каллина – офицерский крест.
- С крейсера «Богатырь»:
- командир, капитан 1 ранга Николай Петров 2-й – командорский крест;
  - старший врач, коллежский советник Флориан Гласко – командорский крест;
  - младший врач, коллежский ассистент Петр Бачинский – офицерский крест Св. Маврикия и Лазаря.
- С крейсера «Адмирал Макаров»:
- командир, капитан 1 ранга Владимир Пономарев – командорский крест;
  - старший врач, коллежский советник Юрий Каружас – командорский крест;
  - младший врач, надворный советник Владимир Лубо – командорский крест ордена Итальянской короны.
- С канонерской лодки «Кореец»:
- командир, капитан 2 ранга Федор Римский-Корсаков – командорский крест ордена Итальянской короны;
  - врач, коллежский ассессор Николай Востросаблин – офицерский крест Св. Маврикия и Лазаря.
- С канонерской лодки «Гиляк»:
- командир, капитан 2 ранга Петр Паттон Фантон де Веррайсон – командорский крест ордена Итальянской короны;
  - врач, коллежский советник Владимир Госс – командорский крест ордена Итальянской короны.

Король и правительство Италии не забывали про подвиг русских моряков. В наступившем 1911 г. в Италии в память о тех трагических событиях отчеканили золотые и серебряные медали. В документах РГАВМФ указано, что золотые

медали вручили: «Императорскому Российскому флоту и бывшему начальнику Балтийского отряда вице-адмиралу Литвинову; серебряные – линкору «Слава» и его командиру капитану 1 ранга Кетлеру; линкору «Цесаревич» и его командиру капитану 1 ранга Любимову; крейсеру «Богатырь» и его командиру капитану 1 ранга Петрову 2-му; канонерским лодкам «Гиляк» и «Кореец» и их командирам капитану 1 ранга Римскому-Корсакову и Паттону Фантону де Веррайону». Всего из Италии в Петербург доставили 3170 серебряных медалей.

Награжденным лицам предписывалось носить эти медали постоянно. Медаль, пожалованную императорскому флоту, полагалось хранить в Морском кадетском корпусе, а медали, которыми наградили суда, хранить на этих же судах вплоть до их исключения из списков флота, после чего перенести в Морской корпус.

Стоит отметить и такой факт: 7 января 1909 г. два итальянских доктора из города Бари по фамилии К. Скъёрчи и А. де Викарис направили морскому министру России И. М. Дикову личное письмо со словами благодарности и восхищения подвигом русских моряков: «Мы пришли в Неаполь на Вашем прекрасном крейсере «Адмирал Макаров», направлявшемся обратно в Мессину, для того, чтобы разыскивать погребенных там наших родных. Мы не в силах описать все более чем братские заботы, которыми командир этого судна и все его офицеры нас окружали. На месте бедствия мы были свидетелями сверхчеловеческих подвигов этих божественных героев, которые будто сошли к нам с небес. Русские моряки начертали свои имена золотыми буквами для вечной благодарности всей Италии. Да здравствует Россия!» ■

**П**ервый вице-президент Российского Научно-технического общества судостроителей им. акад. А. Н. Крылова родился в Ленинграде 23 сентября 1938 г. В 1956 г. окончил школу и в том же году поступил в Ленинградский кораблестроительный институт, который окончил в 1962 г. по специальности «инженер судовых силовых установок». Был распределен на завод им. Климова технологом в сборочный цех (п. Шувалово) по сборке вертолетных и ракетных двигателей. Через три года ушел в КБ завода, а через два года перевелся на Кировский завод в танковое конструкторское бюро ведущим инженером.

В 1971 г. Л. А. Промыслов поступил на работу в только что образованный Центральный научно-исследовательский институт судового машиностроения (на базе ЦКБ «Пролетарского завода»), где проработал до 2002 г. и получил звание «Заслуженный пролетарец». В институте работал в должностях ведущего инженера, начальника сектора, начальника отдела надежности, стандартизации качества, ученого секретаря. В 1986 г. он защитил кандидатскую диссертацию по надежности теплообменных аппаратов на подводной лодке «Комсомолец». Имеет около 30 научно-технических трудов, в их числе восемь книг, вышедших в издательстве «Судостроение», по надежности и качес-

## Л.А. ПРОМЫСЛОВУ - 80 ЛЕТ

*Российское НТО судостроителей имени акад. А.Н. Крылова,  
контакт. тел. (812) 315 5027*



тву судового оборудования, в том числе учебник для вузов и монография.

С 1982 по 1988 г. Леонид Александрович работал с международными предприятиями в Болгарии и ГДР по вопросам надежности судового оборудования. По его инициативе и при участии И. А. Пашкевича было открыто в 1992 г. отделение «Судостроение» в Санкт-Петербургской инженерной академии.

С 1992 г. Л. А. Промыслов – член Санкт-Петербургского Морского Собрания, имеет звание заслуженного машиностроителя России. Награжден орденами и медалями Правительства России, Морского Собрания и Санкт-Петербургской инженерной академии. С 2002 г. – первый вице-президент Российского и Международного НТО судостроителей им. акад. А. Н. Крылова, член редколлегии журнала «Морской вестник».

За время работы с 2002 г. по сегодняшний день Л. А. Промыслов непосредственно осуществляет уставную деятельность НТО судостроения, в том числе проводил съезды НТО в 2002, 2007, 2012, 2016 гг., готовит ежегодные пленумы НТО и заседания президиума НТО один раз в квартал. Л. А. Промыслов отслеживает работу научно-технических секций НТО, создает новые секции. Кроме того, курирует основные направления деятельности и ключевые мероприятия НТО.

*Редакционный совет и редколлегия журнала «Морской вестник» поздравляют юбиляра и желают ему здоровья, благополучия и дальнейших успехов в его деятельности. ■*

**Ц**ентральное правление РосНТО судостроителей им. акад. А. Н. Крылова с 2014 года ежегодно проводит конкурс «Молодой кораблестроитель–инженер года».

Тематика конкурсных работ обширна, и она включает ключевые вопросы современных технологий в судостроении, машиностроении и приборостроении, системах управления, автоматизированном проектировании и 3D моделировании.

Большинство работ предварительно представляют на научно-технических конференциях, проводимых ежегодно предприятиями отрасли, таких как ФГУП «Крыловский ГНЦ», АО «СПБМ «Малахит», АО «ЦКБМТ «Рубин», АО «Концерн «Электроприбор». Ряд работ на конкурсы поступают от базовых кафедр ведущих институтов.

В 2018 г. в конкурсе приняли участие представители предприятий судостроительной и смежной отраслей Санкт-Петербурга, Северодвинска, Владивостока, Нижнего Новгорода, Москвы и Чебоксар.

Рецензирование конкурсных работ проводили ведущие ученые и специалисты научных секций НТО – член-корреспондент РАН, доктор технических наук Л. И. Чубраева и док-

## ИТОГИ IV ВСЕРОССИЙСКОГО ОТРАСЛЕВОГО КОНКУРСА «МОЛОДОЙ КОРАБЛЕСТРОИТЕЛЬ-ИНЖЕНЕР ГОДА 2018»

*Б.А. Барбанель, вице-президент, Председатель Комитета по молодежной политике и связям со СМИ НТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова,  
контакт. тел. (812) 315 5027*



тор технических наук М. А. Кутейников, доктора технических наук и профессора Ю. И. Нечаев и Д. А. Скороходов и др. Все они отметили творческую активность молодых ученых, а также их личный вклад в создание и продвижение отечественных технологий.

Звания лауреата конкурса «Молодой кораблестроитель – инженер года 2018» удостоен 21 человек. Первые премии получили А. Е. Киселева (АО «ПО «Севмаш»), М. Ю. Григоров (ФГУП «Крыловский ГНЦ»), К. О. Будников (АО «Адмиралтейские верфи»). Вторых премий удостоены И. В. Шахсуварова (АО «ЦКБМТ «Рубин»), А. С. Воронов (АО «Концерн «Электроприбор»), С. С. Кургузов (Головной филиал «НПО «Винт» АО «ЦС «Звездочка» г. Москва). Третьих премий удостоены А. С. Борискин (АО «СПБМ «Малахит»), А. М. Тютрюмов (АО «ЦМКБ «Алмаз»), М. М. Бондарь (СПбГМТУ), 12 участникам конкурса присвоены звания лауреата и вручены поощрительные премии. ■

1. Автор представляет статью в электронном виде объемом до 20 000 знаков, включая рисунки. Текст набирается в редакторе MS Word под Windows, формулы – в формульном редакторе MathType. Иллюстрации, помещенные в статье, должны быть представлены дополнительно в форматах: TIFF CMYK (полноцветные), TIFF GRAYSCALE (полутоновые), TIFF BITMAP (штриховые), EPS, JPEG, с разрешением 300 dpi для полутоновых, 600 dpi для штриховых и в размерах, желательных для размещения.

2. Статья должна содержать реферат объемом до 300 знаков, ключевые слова и библиографо-библиотечный индекс УДК. Автор указывает ученую степень, ученое звание, место работы, должность и контактный телефон, а также дает в письменной форме разрешение редакции журнала на размещение статьи в Интернете и Научной электронной библиотеке после

публикации в журнале. Статья представляется с рецензией.

3. Статьи соискателей и аспирантов принимаются к публикации на бесплатной и безанонимной 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 **Ключевые слова:** малый ракетный корабль, проект 22800 «Каракурт», проектирование, характеристики, вооружение

**Д.Е. Цымяков.** Малые ракетные корабли проекта 22800 «Каракурт» пополнят состав ВМФ России // *Морской вестник*. 2018. №4(68). С. 7

Главный конструктор пр. 22800 знакомит с созданием скоростного мореходного корабля небольшого водоизмещения с мощным вооружением и отечественной энергетической установкой. Охарактеризовано его вооружение. Ил. 6.

УДК 621.039.533 **Ключевые слова:** сторожевой корабль, пр. 11356, строительство, проблемы

**В.Е. Юхнин.** Сторожевые корабли проекта 11356 для ВМФ России: проблемы их дальнейшего строительства // *Морской вестник*. 2018. №4(68). С. 13

О ходе строительства так называемой «адмиральной» серии кораблей. Ил. 2.

УДК 629.5.01 **Ключевые слова:** сухогрузное судно, судно смешанного река-море плавания, негабаритные грузы, проектирование, основные характеристики, путевые условия, пропульсивный комплекс, коэффициент полноты, экономика

**Г.В. Егоров, В.И. Тонюк.** «Сверхполные» многоцелевые сухогрузные суда «Волго-Дон макс» класса проекта RSD59 типа «Пола Макария» // *Морской вестник*. 2018. №4(68). С. 17

Обоснованы главные характеристики сухогрузных судов «Волго-Дон макс» класса пр. RSD59 типа «Пола Макария». Показано, что построенные в 2018 г. шесть таких «сверхполных» многоцелевых судов этого проекта не имеют аналогов в мире и существенно по своим технико-экономическим параметрам превосходят все имеющиеся на отечественном рынке суда. Т. 2. Ил. 13. Библиогр. 10 назв.

УДК 629.124 **Ключевые слова:** ходкость ледокола, математическая модель скорости, неустановившееся движение ледокола, торосистые ледяные поля

**Е.М. Апполонов, А.Б. Ваганов, Б.П. Ионос, Н.В. Калинин, Ю.П. Кузнецов, Ю.Ф. Орлов.** Прогнозирование ходкости ледокола при движении в торосистых льдах // *Морской вестник*. 2018. №4(68). С. 28

Описана математическая модель определения скорости неустановившегося движения ледокола в торосистых полях, которая может служить основой для полумпирических моделей с привлечением данных натурных и модельных экспериментов. Библиогр. 4 назв.

УДК 338.5.6.65.011.56 **Ключевые слова:** нормативно-правовая база, законодательная база, инвестиционный проект, промышленное судно, прибыль, заемные средства

**И.Л. Вайсман.** Ускорить системное совершенствование законодательной и нормативно-правовой базы – главное условие дальнейшего развития экономики страны и повышения качества жизни населения // *Морской вестник*. 2018. №4(68). С. 29

Продолжение разговора о необходимости однозначного толкования формулировок федеральных законов и конкретизации механизма мотивации и экономического стимулирования судостроительных предприятий, что будет способствовать развитию кооперации с малыми и средними предприятиями, снижению собственных непроизводственных затрат, а значит, освоению выпуска современной продукции. Ил. 1.

УДК 347.779 **Ключевые слова:** результаты интеллектуальной деятельности, управление правами, изобретение, полезная модель, патент, научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, патентные исследования, нематериальные активы, стимулирование изобретательской деятельности

**А.Ю. Куценко, Н.Н. Иванова, С.Н. Сергеева.** Управление правами на результаты интеллектуальной деятельности в ЗАО «ЦНИИ СМ» // *Морской вестник*. 2018. №4(68). С. 35

Изложен опыт работ по выявлению, защите охраноспособных результатов интеллектуальной деятельности, постановке их на учет в качестве нематериальных активов, проведению патентных исследований, финансированию системы управления правами. Представлена динамика подачи заявок и получения патентов за 2010–2018 гг. Т. 1. Ил. 6.

УДК 338.2 **Ключевые слова:** судостроение, отрасль, отраслевое управление, стратегическое управление, стратегия, потенциал, производительность, методология

**А.В. Иванкович.** Развитие системы управления промышленным предприятием // *Морской вестник*. 2018. №4(68). С. 40

В качестве предмета исследования выбраны процессы и явления, происходящие в сфере мезоэкономики, в первую очередь государственное управление промышленностью как оперативное управление производством для удовлетворения общественной потребности в продукции в натурально-вещественной форме, и в формировании и развитии производственного потенциала; интеграционные процессы; отраслевые рынки и ресурсы.

УДК 571.717.866.295081 **Ключевые слова:** концепция, «Промышленная революция 4.0», «Индустрия 4.0», метрология, система управления, гибкая производственная система

**М.А. Ермолаев.** Промышленная революция 4.0 // *Морской вестник*. 2018. №4(68). С. 43

О разработке гибкой производственной системы, базирующейся на методе измерения детали, в рамках которого можно проводить измерения на протяжении всего цикла их отработки. При этом учтен симбиоз базовых факторов относительно системного управления метрологией «Индустрия 4.0». Ил. 3.

УДК 629.5 **Ключевые слова:** история предприятия, трубопроводная арматура, литейное производство, проектирование, производство полного цикла

**Л.Н. Сидорина, А.А. Чагинова.** Машиностроительному заводу «Армалит» – 140 лет // *Морской вестник*. 2018. №4(68). С. 45

Рассмотрены исторические этапы возникновения, становления и развития машиностроительного завода «Армалит» с 1878 г. по настоящее время. Ил. 6. Библиогр. 8 назв.

УДК 061.43:623.8 **Ключевые слова:** электрохимия, водород, водородные технологии, дифференция, итоги

**В.В. Дударенко.** На пороге новой энергетической эры // *Морской вестник*. 2018. №4(68). С. 50

Подробный обзор докладов участников конференции «Роль электрохимии в развитии энергетики и страны. Водородные технологии – 2018», прошедшей в Севастополе с 20 по 22 сентября 2018 г. Подведены ее итоги. Обозначены необходимые меры, которые позволят реализовать готовые научные разработки и стратегии в данной перспективной области энергетики. Ил. 23.

УДК: 621.372.2 **Ключевые слова:** электромагнитная совместимость, импульсная помеха, распространение, судовые кабели, волновое сопротивление, наведенное напряжение

**А.А. Ахрестин, М.А. Ахрестин, П.А. Крюков, Д.В. Шамановский.** Распространение наносекундных импульсных помех в судовых кабелях // *Морской вестник*. 2018. №4(68). С. 57

Посвящена распространению импульсных помех в судовых кабельных трассах, сравнению значений первичных параметров кабелей, полученных методом расчета и экспериментальным путем. Даны оценки влияния увеличения длительности импульса на изменение напряжения при распространении, а также наведенным напряжениям в цепях на основе электромагнитных связей. На примере кабеля КМПВЭ 7х2,5 мм<sup>2</sup>, а именно экспериментально полученных осциллограмм наведенных напряжений в жилах кабеля, охарактеризованы максимальные значения амплитуд и характер распространения волн. Даны рекомендации по снижению помех и улучшению электромагнитной обстановки. Т. 2. Ил. 8. Библиогр. 12 назв.

УДК. 621.316.722.016.3 **Ключевые слова:** гребные электрические установки, судовая электростанция, многоуровневые преобразователи, гребные электродвигатели, судовый единый электроэнергетический комплекс

**Б.Ф. Дмитриев, С.Я. Галушин, А.Н. Калмыков, О.А. Шабалина.** Влияние первичного источника питания на энергетические характеристики многоуровневых преобразователей напряжения в составе судовых электроэнергетических комплексов // *Морской вестник*. 2018. №4(68). С. 63

Рассмотрены факторы первичного источника питания, влияющие на гармонический состав тока и напряжения в судовых электроэнергетических комплексах. Предложены схемы многоуровневых инверторов. Проведены исследования их характеристик. Т. 2. Рис. 15. Библиогр. 11 назв.

УДК 621.5.09 **Ключевые слова:** осушка, очистка, компрессор, воздух высокого давления, ресиверы, баллоны, воздухохранительные станции

**Л.Г. Кузнецов, Ю.Л. Кузнецов, А.В. Бураков, С.М. Томашевский.** Эффективные системы очистки, осушки,

хранения и контроля параметров сжатого воздуха для кораблей военно-морского флота и гражданских судов // *Морской вестник*. 2018. №4(68). С. 73

Рассмотрены вопросы проектирования компрессорных систем высокого давления с функциями осушки, очистки, хранения и распределения сжатого воздуха, проанализирован опыт применения блоков осушки и очистки сжатого воздуха АО «Компрессор» на кораблях ВМФ и судах. Описаны новые и перспективные конструкции блоков очистки осушки, хранения и распределения сжатого воздуха. Т. 3. Ил. 9. Библиогр. 13 назв.

УДК 623.419 **Ключевые слова:** бортовая автоматизированная система управления, техническое пространство, единое информационное пространство, интеллектуальная система поддержки принятия решений

**Ю.Ф. Подолёкин, В.А. Смирнов, Д.В. Смирнов.** К вопросу о решении задачи индивидуального прогнозирования и планирования эксплуатации систем ответственного назначения в условиях неопределенности исходной информации // *Морской вестник*. 2018. №4(68). С. 79

Рассмотрены некоторые аспекты разрешения проблемы предотвращения отказов систем ответственного назначения, базирующиеся на решении задачи индивидуального прогнозирования и планирования их эксплуатации с использованием интеллектуальных информационных технологий. Сущность и содержание предлагаемого подхода излагаются на примере процесса выработки управляющей информации при выполнении приемочного контроля изделия на предприятии-изготовителе. Ил. 2. Библиогр. 10 назв.

УДК 625.29 **Ключевые слова:** приемопередающая антенна, установка на подъемно-опускном устройстве, гидроакустическая система

**С.А. Груничев, Дмитрий Екимов.** Подъемно-опускные устройства для гидроакустических систем // *Морской вестник*. 2018. №4(68). С. 85

Описаны модификации высокоточных подъемно-опускных устройств (ПОУ) для гидроакустических систем и приборов – совместной разработки АО «МНС» и Deck Marine Systems. Проанализированы возможности их использования на кораблях и судах. Ил. 3. Библиогр. 2 назв.

УДК 621.396.49 **Ключевые слова:** АИС, АСОД, ГНСС, ДГНСС, КИИС, ККС, МАМС, МДПС, НАП, НО, ОВЧ, РНС, СДКМ, СКП, СМП, VDES, TDMA – множественный доступ с временным разделением каналов, частоты морской подвижной службы

**Ю.И. Базаров, В.А. Атаманюк.** Автоматическая система обмена данными ОВЧ диапазона в навигационном и информационном обеспечении судов в Арктике // *Морской вестник*. 2018. №4(68). С. 87

Рассмотрены слабые стороны навигационного и информационного обеспечения судов в Арктике и при их переходе Северным морским путем, предложены по их высокоточному навигационному обеспечению глобальными навигационными спутниковыми системами (ГНСС), информационному обеспечению безопасности плавания с учетом перспективного внедрения Международной морской организацией (ММО/ИМО) концепции e-Навигации. Дана оценка состояния разработки за рубежом и в стране предлагаемой морским сообществом автоматической системы обмена данными (АСОД), базирующейся на применении наземных и спутниковых линий связи ОВЧ/VHF диапазона морской подвижной службы. Показана их ожидаемая эффективность. Учеными документами ММО/ИМО, материалы конференций Международной ассоциации маячных служб (МАМС/IALA) по проблемам e-Навигации, отчеты международных научно-исследовательских проектов и натурных испытаний АСОД ОВЧ, выполненных рядом европейских стран. Т. 2. Ил. 6. Библиогр. 22 назв.

УДК 65.011.56 **Ключевые слова:** система авторизованного проектирования, интероперабельность, интеграция, оптимизация работ, единая среда

**В.С. Черненко.** Интероперабельность в системах автоматизированного проектирования в приборостроении // *Морской вестник*. 2018. №4(68). С. 93

Об интероперабельности и интеграции разнородных систем автоматизированного проектирования в приборостроении в единую систему для максимальной оптимизации работы инженеров-конструкторов. Изделия приборостроения весьма сложны, и стоит задача упростить, сократить, и оптимизировать работу в системах их автоматизированного проектирования, а также наладить обмен данными между ними с целью создания непрерывного цикла проектирования. Для этого необходимо интегрировать системы. При интеграции систем основополагающую роль играет свойство интероперабельности. Ил. 2. Библиогр. 6 назв.

УДК 004.416.6 **Ключевые слова:** программная платформа, программный каркас, система поддержки принятия решений, граф, база данных, архитектура программно-обеспечения

**С.А. Кондратьев.** Платформа для разработки системы информационной поддержки принятия решений на выполнение поставленных боевых задач // *Морской вестник*. 2018. №4(68). С. 96

Проанализирован вариант построения программной платформы (каркаса) для «Информационной поддержки работы командира и других должностных лиц корабля при принятии решения на выполнение поставленной боевой задачи». Рассмотрены два варианта интеграции расчетных модулей: по таймеру или через подписку. В объектном представлении решения применены элементы теории графов. Т. 1. Ил. 3. Библиогр. 2 назв.

УДК 681.5 **Ключевые слова:** морской подвижной объект (МПО), система стабилизации, логарифмические амплитудно-фазовые частотные характеристики, минимально фазовые системы, последовательное корректирующее устройство, уравнения движения МПО, обратная передаточная функция, компенсация силового воздействия волнения

**С.К. Воловдов, А.В. Смольников.** Компенсационная система стабилизации морских подвижных объектов на курсе в условиях нерегулярного морского волнения // *Морской вестник*. 2018. №4(68). С. 99

В условиях нерегулярного волнения морской подвижной объект совершает колебательные движения, вызванные как индуцированными морским волнением, так и колебаниями исполнительных органов, под действием сигналов, поступающих от измерителей на входы систем управления. Исключить колебания измеряемых сигналов путем включения в измерительный канал полосовых фильтров не всегда возможно: фильтры, включенные в прямую цепь (перед системой управления рулями) или в канал обратной связи (после измерителей), способны нарушить устойчивость системы. В связи с этим предлагается метод синтеза устойчивых систем стабилизации МПО на курсе с использованием косвенного канала измерения возмущающих воздействий, позволяющего компенсировать их с помощью рулей. Ил. 3. Библиогр. 6 назв.

УДК 331.015.1:001.51 **Ключевые слова:** сложная эргономическая система, кибернетика, управляемая и управляющая системы, информированность, неопределенность

**О.В. Третьяков, П.А. Шауб, С.В. Москвина.** Кибернетические основы разработки сложных эргономических систем // *Морской вестник*. 2018. №4(68). С. 103

В развитие статьи, опубликованной в «Морском вестнике» (2016, № 1 (57), с. 116–117), предлагается подход к исследованию и построению эргономических сложных систем с использованием современных кибернетических методов улучшения переработки

информации с целью управления. Показана необходимость единства управляющей и управляемой подсистем, которое определяется наличием обратной связи, с учетом изменений как внешних воздействий на систему, так и целенаправленного восприятия человеком (наблюдателем) внешней обстановки (человеческий фактор). Обозначен основной принцип построения структур управляемой системы с обратной связью на примере описания системы восприятия информации в управляемых системах. Разработана схема алгоритма последовательности действий. Ил. 3. Библиогр. 8 назв.

УДК 681.511.48 **Ключевые слова:** подводный аппарат, модель движения, внешние возмущения, дифференциальные уравнения, координаты, невязка

**Н.Н. Тарасов, С.К. Данилова, А.М. Кусков, И.М. Кусков.** Алгоритм фильтрации с интегральными невязками для управления движением морских подвижных объектов в условиях действия возмущений // *Морской вестник*. 2018. №4(68). С. 106

На примере модели движения подводного аппарата, описываемого линейной системой дифференциальных уравнений в условиях действия внешних возмущений, показана работоспособность предлагаемых алгоритмов фильтрации. Этот алгоритм использует не только невязки между измеряемыми и оцениваемыми координатами, но и интегралы невязок. Предназначен он для оценки как фазовых координат, так и неизвестных внешних возмущений, действующих на исследуемый объект. Получены аналитические зависимости для коэффициентов усиления в обратной связи. Предложен алгоритм управления с использованием полученных оценок для компенсации внешних возмущений. Ил. 6. Библиогр. 14 назв.

УДК 551.48 **Ключевые слова:** навигационно-гидрографическое обеспечение, Северный морской путь, история, развитие, этапы

**С.В. Решетняк.** История развития навигационно-гидрографического обеспечения в акватории Северного морского пути. Ч. I. Становление и развитие системы НГО в арктических морях России в 30–80-е годы XX века // *Морской вестник*. 2018. №4(68). С. 113

Посвящена 85-летию со дня образования в 1933 г. Гидрографического управления Главного управления Северного морского пути (СМП) при Совете Народных Комиссаров СССР. В ч. 1 статьи рассматривается акватория Северного морского пути как объект НГО; основные особенности, влияющие на организацию НГО в арктических морях России, и три этапа развития системы НГО в арктических морях России в период с 1932 по 1990 г. Ил. 9.

УДК 621.86/87; 629.5.071; 629.5.078.4; 629.5.078.6

**Ключевые слова:** платформа Стюарта, морская качка, платформа стабилизации, морской робот-манипулятор, Мировой океан, транспортировка и эвакуация личного состава, кинематическая цепь

**И.И. Зайцев, В.С. Гагарский, А.В. Кащевский.** Система обеспечения безопасной высадки и эвакуации персонала объектов морского базирования в условиях морской качки // *Морской вестник*. 2018. №4(68). С. 117

Предложено к применению роботизированное средство, обеспечивающее безопасность личного состава при несении вахты на объектах морской техники, а также для эвакуации людей, терпящих бедствие в аварийных ситуациях на море. Ил. 12. Библиогр. 8 назв.

УДК 629.5 **Ключевые слова:** Мессина, землетрясение, Балтийский флот, помощь

**Г.А. Гребенщикова.** Плавание в Италию, вошедшее в историю. К 110-летию землетрясения в Мессине и оказания помощи населению города русскими моряками // *Морской вестник*. 2018. №4(68). С. 123

Об оказании русскими моряками Балтийского отряда кораблей помощи населению города Мессины после разрушительного землетрясения 1908 г. Ил. 6.

1. Authors shall submit articles of up to 20,000 characters, including figures, in electronic form. The text shall be typed in MS Word under Windows, formulas – in the equation editor «MathType.» Illustrations present in the article shall be submitted additionally, in the following formats: TIFF CMYK (full color), TIFF GRAYSCALE (grayscale), TIFF BITMAP (dashed), EPS, JPEG, with resolution of 300 dpi for grayscale figures and 600 dpi for dashed ones and in sizes desired for placement.

2. Articles shall contain an abstract of up to 300 characters, keywords, and bibliographic library UDC identifier. Authors shall indicate their degree, academic status, place of employment, job position, and telephone number, as well as provide a written permission of the Editor to place articles on the Internet and in the Scientific Electronic Library after publication in the journal. Articles shall be submitted with reviews.

3. The articles of postgraduate and degree-seeking students shall be accepted for publication on a free and royalty-free basis.

4. The control review of these articles shall be performed by the editorial board, with the assistance of dedicated experts, if necessary. Reviews of articles are stored in editorial office of the magazine within 5 years.

5. In case of refusal to publish articles, reviews shall be sent to authors. Copies of reviews go to the Ministry of Education and Science of the Russian Federation at receipt of the corresponding inquiry in editorial office of the magazine.

6. The contents of the journal shall be submitted to the editorial board quarterly. The decision concerning the next issue of the journal shall be formally established with the protocol.

**ABSTRACTS**

UDC 629.5 **Keywords:** small rocket ship, project 22800 Karakurt, design, characteristics, weapons

**D.E. Tsymlyakov. Small missile ships of the project 22800 Karakurt will join the Russian Navy // Morskoy Vestnik. 2018. №4(68). P.7**

The chief designer of the project 22800 introduces the creation of a high-speed seagoing ship of a small displacement with powerful weapons and a domestic power plant. Characterized by its weapons. Fig.6

UDC 621.039.533 **Keywords:** frigate, project 11356, construction, problems

**V.E. Yukhnin. The frigates of the project 11356 for the Russian Navy: problems of their further construction // Morskoy Vestnik. 2018. №4(68). P.13**

On the construction of the so-called Admiral-class of frigates. Fig.2

UDC 629.5.01 **Keywords:** dry cargo vessel, mixed river-sea navigation vessel, oversized cargo, design, basic characteristics, traveling conditions, propulsion complex, fullness factor, economy

**G.V. Egorov, V.I. Tonyuk. «Super-full» multipurpose dry-cargo vessels Volgo-Don max of class RSD59 of the type Pola Makariya // Morskoy Vestnik. 2018. №4(68). P.17**

The main characteristics of Volga-Don Max dry-cargo vessels of the RSD59 class of the Pola Makariya type are substantiated. It is shown that six such «super complete» multipurpose vessels built in 2018 of this project have no analogues in the world and significantly exceed all the vessels available on the domestic market in their technical and economic parameters. T.2. Fig.13. Bibliography 10 titles.

UDC 629.124 **Keywords:** icebreaker speed, mathematical model of speed, unsteady movement of the icebreaker, ice ridged ice fields

**E.M. Appolonov, A.B. Vaganov, B.P. Ionov, N.V. Kalinina, Yu.P. Kuznetsov, Yu.F. Orlov. Prediction of icebreaker speed when moving in ridge ice // Morskoy Vestnik. 2018. №4(68). P.28**

A mathematical model is described for determining the speed of unsteady motion of an icebreaker in hummocky fields, which can serve as the basis for semi-empirical models involving data from field and model experiments. Bibliography 4 titles.

UDC 338.5.6.65.011.56 **Keywords:** regulatory framework, legislative framework, investment project, fishing vessel, profit, borrowed funds

**I.L. Weisman. Accelerate the systemic improvement of the legislative and regulatory framework – the main condition for the further development of the country's economy and improving the quality of life of the population // Morskoy Vestnik. 2018. №4(68). P.29**

Continuing the conversation about the need for

unambiguous interpretation of the wording of federal laws and concretization of the mechanism of motivation and economic incentives for shipbuilding enterprises, which will contribute to the development of cooperation with small and medium-sized enterprises, reducing their own non-production costs, and hence the development of modern products. Fig.1.

UDC 347.779 **Keywords:** intellectual property, rights management, invention, utility model, patent, research and development, patent research, intangible assets, inventive activity promotion

**A.Yu. Kutsenko, N.N. Ivanova, S.N. Sergeyeva. Management of rights to the results of intellectual activity in JSC CRIME // Morskoy Vestnik. 2018. №4(68). P.35**

The experience of work in identifying, protecting the protectable results of intellectual activity, putting them on record as intangible assets, conducting patent research, financing the rights management system is outlined. Presents the dynamics of filing applications and obtaining patents for 2010–2018. T.1. Fig.6.

UDC 338.2 **Keywords:** shipbuilding, industry, sectoral management, strategic management, strategy, potential, productivity, methodology

**A.V. Ivankovich. Development of a management system for an industrial enterprise // Morskoy Vestnik. 2018. №4(68). P.40**

The subject of the research is selected processes and phenomena occurring in the field of mesoeconomy, primarily state management of industry as operational production management to meet the public demand for products in natural-material form, and in the formation and development of production potential; integration processes; industry markets and resources.

UDC 571.717.866.295081 **Keywords:** concepts, «Industrial Revolution 4.0», «Industry 4.0», metrology, control system, flexible production system

**M.A. Yermolaev. Industrial Revolution 4.0 // Morskoy Vestnik. 2018. №4(68). P.43**

On the development of a flexible production system based on the part measurement method, within which it is possible to carry out measurements throughout the entire cycle of their development. At the same time, the symbiosis of basic factors regarding the system management of metrology «Industry 4.0» was taken into account. Fig.3.

UDC 629.5 **Keywords:** history of the enterprise, pipe fittings, foundry, design, full cycle production

**L.N. Sidorina, A.A. Chaginova. The Armalit machine-building plant is 140 years old // Morskoy Vestnik. 2018. №4(68). P.45**

The historical stages of the emergence, formation and development of the Armalit machine-building plant from 1878 to the present are considered. Fig.6. Bibliography 8 titles.

UDC 061.43: 623.8 **Keywords:** electrochemistry, hydrogen, hydrogen technologies, conference, results

**V.V. Dudarenko. On the threshold of a new energy era // Morskoy Vestnik. 2018. №4(68). P.50**

A detailed review of the reports of participants of the conference «The role of electrochemistry in the development of the energy sector and the country. Hydrogen technologies – 2018», held in Sevastopol from September 20 to September 22, 2018. Its results have been summed up. The necessary measures are indicated that will allow the realization of ready-made scientific developments and strategies in this promising field of energy. Fig.23.

UDC: 621.372.2 **Keywords:** electromagnetic compatibility, impulse noise, distribution, ship cable, characteristic impedance, induced voltage

**A.A. Akhrestin, M.A. Akhrestin, P.A. Kryukov, D.V. Shamanovsky. Distribution of nanosecond impulse noise in ship cables // Morskoy Vestnik. 2018. №4(68). P.57**

Dedicated to the propagation of impulse noise in the ship cable routes, comparing the values of the primary parameters of cables obtained by the method of calculation and experimentally. Estimates of the effect of an increase in the pulse duration on the voltage change during propagation, as well as on the induced voltages in circuits based on electromagnetic connections, are given. Using the example of a 7x2.5 mm2 KMPVE cable, namely, experimentally obtained oscillograms of induced voltages in the cable cores, the maximum amplitudes and wave propagation patterns are described. Recommendations for reducing interference and improving the electromagnetic environment are given. T.2. Fig.8. Bibliography 12 titles.

UDC. 621.316.722.016.3 **Keywords:** rowing electric installations, ship power station, multi-level converters, rowing electric motors, ship unified electric power complex.

**B.F. Dmitriev, S.Ya. Galushin, A.N. Kalmykov, O.A. Shabalina. Influence of the primary power source on the energy characteristics of multi-level voltage converters in the composition of the ship electric power complexes // Morskoy Vestnik. 2018. №4(68). P.63**

The factors of the primary power source affecting the harmonic composition of current and voltage in the ship electric power complexes are considered. Schemes of multi-level inverters are proposed. Conducted research on their characteristics. T.2. Fig.15. Bibliography 11 titles.

UDC 621.5.09 **Keywords:** drying, cleaning, compressor, high pressure air, receivers, cylinders, air safety stations

**L.G. Kuznetsov, Yu.L. Kuznetsov, A.V. Burakov, S.M. Tomashevsky. Effective systems for cleaning, drying, storing and controlling compressed air parameters for navy ships and civilian vessels // Morskoy Vestnik. 2018. №4(68). P.73**

The design issues of high-pressure compressor



systems with the functions of drying, cleaning, storing and distributing compressed air were considered, the experience of using compressed air drying and cleaning units of Compressor JSC on ships of the Navy and ships was analyzed. Described are new and promising designs for the cleaning units for drying, storage and distribution of compressed air. T. 3. Fig.9. Bibliography 13 titles.

UDC 623.419 **Keywords:** on-board automated control system, technical condition, common information space, intelligent decision support system

**Yu.F. Podoplyokin, V.A. Smirnov, D.V. Smirnov. On the question of solving the problem of individual forecasting and planning the operation of responsible-use systems under conditions of uncertainty of the initial information // Morskoy Vestnik. 2018. №4(68). P.79**

Some aspects of resolving the problem of preventing failures of critical systems based on solving the problem of individual forecasting and planning their operation using intelligent information technologies are considered. The essence and content of the proposed approach are set forth on the example of the process of generating control information when performing acceptance control of the product at the manufacturer. Fig.2. Bibliography 10 titles.

UDC 625.29 **Keywords:** transceiver antenna, installation on a lifting-lowering device, hydroacoustic system

**S.A. Grunichev, Dmitry Ekimov. Lifting lowering devices for hydroacoustic systems // Morskoy Vestnik. 2018. №4 (68). P.85**

Modifications of high-precision lifting and lowering devices (POU) for hydroacoustic systems and instruments – a joint development of JSC MNS and Deck Marine Systems. Analyzed the possibility of their use on ships and vessels. Fig.3. Bibliography 2 title.

UDC 621.396.49 **Keywords:** AIS, AODS, GNSS, DGNS, KIIS, KKS, AMS, MDPS, NAP, BUT, VHF, RNS, SDKM, UPC, SMP, VDES, TDMA – multiple access with time division channels, frequency marine mobile service

**Yu.I. Bazarov, V.A. Atamanyuk. VHF range automatic data exchange system in navigation and information support of vessels in the Arctic // Morskoy Vestnik. 2018. №4(68). P.87**

Weaknesses of navigation and information support of vessels in the Arctic and during their transfer by the Northern Sea Route, proposals for their high-precision navigation support with global navigation satellite systems (GNSS), information security of navigation, taking into account the future implementation of the International Maritime Organization (IMO) IM concept -Navigation. An assessment is made of the state of development in foreign countries and in the country of an automated data exchange system (AODS) proposed by the maritime community, based on the use of terrestrial and satellite VHF communication lines of the maritime mobile service. The expected effectiveness of navigation and information support of the VLF AODSODS in the Arctic, including on the route of the NSR from the proposed solutions to implementation, is shown. IMO documents, materials of conferences of the International Association of Lighthouse Services (IALA) on e-Navigation issues, reports of international research projects and field tests of VHF ASCODS, performed by a number of European countries were taken into account. T.2. Fig.6. Bibliography 22 titles.

UDC 65.011.56 **Keywords:** authorized design system, interoperability, integration, work optimization, unified system

**V.S. Chernenko. Interoperability in computer-aided design systems in instrument engineering // Morskoy Vestnik. 2018. №4(68). P.93**

On the interoperability and integration of heterogeneous computer-aided design systems in instrument making into a single system for maximum optimization of the work of design engineers. Instrumentation products are very complex, and the task is to simplify, reduce, and optimize work in their computer-aided design systems, as well as to establish data exchange between them in order to create a continuous design cycle. For this you need to integrate the system. When integrating systems, the fundamental role is played by the interoperability property. Fig.2. Bibliography 6 titles.

UDC 004.416.6 **Keywords:** software platform, software framework, decision support system, graph, database, software architecture

**S.A. Kondrat'ev. Platform for developing a system of information support for decision-making for the performance of combat missions // Morskoy Vestnik. 2018. №4(68). P.96**

Analyzed the option of building a software platform (framework) for the «Information support of the work of the commander and other officers of the ship when deciding on the performance of a combat task». Two options for the integration of calculation modules are considered: by timer or through a subscription. In the object representation of the solution, elements of graph theory are applied. T.1. Fig.3. Bibliography 2 titles.

UDC 681.5 **Keywords:** maritime mobile object (MPO), stabilization system, logarithmic amplitude-phase frequency characteristics, minimum phase systems, sequential correction device, equations of motion MPO, inverse transfer function, compensation of force action of waves

**S.K. Volovodov, A.V. Smol'nikov. Compensation system of stabilization of sea moving objects on the course in conditions of irregular sea waves // Morskoy Vestnik. 2018. №4(68). P.99**

Under conditions of irregular waves, a marine moving object makes oscillatory movements caused by both induced sea waves and vibrations of executive bodies under the influence of signals from the meters to the inputs of the control systems. It is not always possible to exclude fluctuations of the measured signals by including bandpass filters in the measuring channel: filters included in the direct circuit (in front of the rudder control system) or in the feedback channel (after gauges) can destroy the stability of the system. In this regard, a method is proposed for the synthesis of stable systems for MPO stabilizing on a course using an indirect channel for measuring disturbing influences, which makes it possible to compensate them with the help of rudders. Fig.3. Bibliography 6 titles.

UDC 331.015.1: 001.51 **Keywords:** complex ergonomic system, cybernetics, controlled and control systems, awareness, uncertainty

**O.V. Tretyakov, P.A. Shaub, S.V. Moskovkina. Cybernetic basis for the development of complex ergonomic systems // Morskoy Vestnik. 2018. №4(68). P.103**

In the development of the article published in Morskoy Vestnik (2016, № 1(57), pp. 116–117), an approach is proposed to research and construct ergonomic complex systems using modern cybernetic methods of improving information processing for management purposes. The necessity of the unity of the controlling and controlled subsystems, which is determined by the presence of feedback, is taken into account, taking into account changes in both external influences on the system and targeted perception by the person

(observer) of the external environment (human factor). The basic principle of constructing the structures of a controlled system with feedback is exemplified by the example of a description of a system for perceiving information in controlled systems. A flow chart has been developed. Fig.3. Bibliography 8 titles.

UDC 681.511.48 **Keywords:** underwater vehicle, motion model, external perturbations, differential equations, coordinates, residuals

**N.N. Tarasov, S.K. Danilova, A.M. Kuskov, I.M. Kuskov. Filtering algorithm with integral discrepancies for controlling a class of offshore moving objects under conditions of a perturbation action // Morskoy Vestnik. 2018. №4(68). P.106**

Using the example of the underwater vehicle motion model described by a linear system of differential equations under conditions of external disturbances, the efficiency of the proposed filtering algorithms is shown. This algorithm uses not only the residuals between the measured and estimated coordinates, but also the integrals of the residuals. It is intended to estimate both phase coordinates and unknown external disturbances acting on the object under study. Analytical dependences for the gains in the feedback are obtained. A control algorithm is proposed using the obtained estimates to compensate for external disturbances. Fig.6. Bibliography 14 titles.

UDC 551.48 **Keywords:** navigation and hydrographic support, Northern Sea Route, history, development, stages

**S.V. Reshetnyak. The history of the development of navigation and hydrographic support in the waters of the Northern Sea Route. Part I. Formation and development of the NGO system in the Arctic seas of Russia in the 30–80s of the twentieth century // Morskoy Vestnik. 2018. №4(68). P.113**

Devoted to the 85th anniversary of the formation in 1933 of the Hydrographic Department of the Main Directorate of the Northern Sea Route (SMP) under the Council of USSR People's Commissars. In part 1 of the article, the water area of the Northern Sea Route is considered as an NGO object; the main features affecting the organization of NGOs in the Arctic seas of Russia, and the three stages of the development of the NGO system in the Arctic seas of Russia from 1932 to 1990. Fig.9.

UDC 621.86/87; 629.5.071; 629.5.078.4; 629.5.078.6 **Keywords:** Stuart platform, sea motion, stabilization platform, sea robot manipulator, oceans, transportation and evacuation of personnel, sea-based objects, kinematic chain

**I.I. Zaitsev, V.S. Gagarsky, A.V. Kashchevsky. The system for ensuring the safe disembarkation and evacuation of personnel of sea-based objects in conditions of sea rolling // Morskoy Vestnik. 2018. №4(68). P.117**

It has been proposed to use a robotic tool that ensures the safety of personnel while keeping watch on objects of marine equipment, as well as for evacuating people in distress in emergency situations at sea. Fig.12. Bibliography 8 titles.

UDC 629.5 **Keywords:** Messina, earthquake, Baltic Fleet, assistance

**G.A. Grebenshchikova. Swimming to Italy, included in history. On the 110th anniversary of the earthquake in Messina and the provision of assistance to the population of the city by the Russian sailors // Morskoy Vestnik. 2018. №4(68). P.123**

On the Russian sailors of the Baltic detachment of ships assisting the population of the city of Messina after the devastating earthquake of 1908. Fig.6.